



**MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET DE LA COHÉSION  
DES TERRITOIRES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



Inventaire des émissions de polluants  
atmosphériques en France au titre de la  
convention sur la pollution atmosphérique  
transfrontière à longue distance et de la directive  
européenne concernant la réduction des  
émissions nationales de certains polluants  
atmosphériques

**CEE - NU / NFR & NEC**

**Mars 2024**





**MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE  
ET DE LA COHÉSION  
DES TERRITOIRES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France au titre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et de la directive européenne concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques

**Mars 2024**

<b>Rédaction</b>	
	<i>Nom</i>
<b>Rédaction</b>	Sophie MOUKHTAR, Lisa GRELLIER
<b>Contribution</b>	Jean-Marc ANDRE, Stéphanie BARRAULT, Quentin BEDRUNE, Housseem BELHOUANE, Grégoire BONGRAND, Romain BORT, Tamara BRAISH, Ludivine COZETTE, Benjamin CUNIASSE, Ariane DRUART, Antoine GAVEL, Jonathan HERCULE, Coralie JEANNOT, Mélanie JUILLARD, Rania KAMAR, Bernardo MARTINS, Etienne MATHIAS, Vincent MAZIN, Adrien MERCIER, Niels MONTANARI, Colas ROBERT, Mickaël SAUBION, Natalia SIRINA-LEBOINE, Felipe TRONCOSO-LAMAISON, Thamara VIEIRA DA ROCHA, Corentin VANCAYSEELE, Julien VINCENT.

<b>Vérification</b>		
	<i>Nom, Fonction au sein du Citepa</i>	<i>Date</i>
<b>Vérification</b>	Différents chefs de départements et d'unités	11/03/2024
<b>Approbation finale</b>	Jean-Pierre CHANG, Directeur Adjoint	12/03/2024

Pour citer ce document :

Citepa, édition mars 2024. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France métropolitaine, format CEE-NU

© Citepa 2024

Ce Rapport a été réalisé avec la participation financière du Ministère de de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT). Ce document constitue le rapport national d'inventaire au titre de la convention sur la pollution transfrontière à longue distance et de la directive européenne relative aux plafonds d'émissions nationaux, édition mars 2024. Cette édition annule et remplace toutes les éditions antérieures relatives au même format d'inventaire.

Référence Citepa n° 2406 NFR/ 2024 | UNECE\_France\_mars2024

Pour obtenir une version papier ou des éléments contenus dans ce rapport :

Citepa  
42, rue de Paradis - 75010 PARIS - Tel. 01 44 83 68 83  
[www.citepa.org](http://www.citepa.org) | [contact@citepa.org](mailto:contact@citepa.org)





# SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	6
Liste des Annexes.....	13
<i>Préambule</i> .....	22
Résumé.....	23
1. Introduction (Cadre national et méthodes d'inventaire).....	30
1.1 Périmètre de l'inventaire national.....	30
1.1.1 Couverture géographique des inventaires.....	30
1.1.2 Couverture des sources émettrices dans le total national.....	31
1.2 Cadre institutionnel de l'inventaire national.....	31
1.2.1 Système national d'inventaire.....	31
1.2.2 Disposition institutionnelle, législatives et procédurale.....	31
1.2.3 Répartition des responsabilités.....	32
1.2.4 Schéma organisationnel simplifié.....	36
1.3 Descriptif synthétique de la préparation des inventaires d'émissions.....	38
1.4 Généralités sur les méthodes et les sources de données utilisées.....	41
1.5 Descriptif de l'analyse en catégories clés.....	44
1.6 Contrôle et assurance qualité.....	48
1.6.1 Management de la qualité.....	48
1.6.2 Objectifs qualité.....	49
1.6.3 Contrôle de la qualité.....	50
1.6.4 Assurance de la qualité.....	51
1.6.5 Exemples de dispositions pratiques.....	55
1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes.....	55
1.8 Généralités sur l'évaluation de l'exhaustivité.....	56
1.8.1 Sources manquantes, relatives à la notation « NE » (Non estimées).....	57
1.8.2 Détail sur les sources visées par la notation « IE » (Inclus ailleurs).....	57
1.8.3 Sources visées par d'autres notations.....	59
1.8.4 Description des sources incluses dans les catégories "Autres" du NFR.....	60
2. Analyses des tendances.....	63
2.1 Acidification, eutrophisation et pollution photochimique (ou « AEP »).....	66
2.1.1 Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ).....	66
2.1.2 Oxyde d'azote (NO <sub>x</sub> ).....	67
2.1.3 Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).....	69
2.1.4 Monoxyde de carbone (CO).....	71

2.1.5	Ammoniac (NH <sub>3</sub> ) .....	72
2.2	Métaux lourds.....	73
2.2.1	Plomb (Pb).....	74
2.2.2	Cadmium (Cd).....	76
2.2.3	Mercure (Hg) .....	77
2.2.4	Nickel (Ni) .....	78
2.2.5	Cuivre (Cu) .....	79
2.2.6	Arsenic (As).....	80
2.2.7	Chrome (Cr) .....	81
2.2.8	Zinc (Zn) .....	82
2.2.9	Sélénium (Se) .....	83
2.3	Polluants organiques persistants.....	85
2.3.1	Dioxines et furanes (PCDD-F) .....	85
2.3.2	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) .....	86
2.3.3	Polychlorobiphényles (PCB) .....	88
2.3.4	Hexachlorobenzène (HCB).....	89
2.4	Particules .....	90
2.4.1	Particules totales en suspension (TSP) .....	90
2.4.2	PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> .....	92
2.4.3	Black Carbon (BC) .....	94
3.	Energie (Secteur NFR 1) .....	95
3.1	Caractéristiques des combustibles .....	115
3.1.1	Pouvoirs calorifiques .....	116
3.1.2	Teneurs et facteurs d'émission.....	117
3.2	Industrie de l'énergie (NFR 1A1).....	132
3.2.1	Caractéristiques de la catégorie .....	132
3.2.2	Méthode d'estimation des émissions .....	138
3.2.3	Incertitudes .....	151
3.2.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	151
3.2.5	Recalculs.....	151
3.2.6	Améliorations envisagées.....	153
3.3	Combustion dans l'industrie manufacturière et la construction (NFR 1A2) .....	153
3.3.1	Caractéristiques de la catégorie .....	154
3.3.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	168
3.3.3	Incertitudes .....	224

3.3.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	225
3.3.5	Recalculs.....	225
3.3.6	Améliorations envisagées.....	228
3.4	Transports (NFR 1A3).....	230
3.4.1	Caractéristiques de la catégorie .....	230
3.4.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	247
3.4.3	Incertitudes .....	274
3.4.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	275
3.4.5	Recalculs.....	276
3.4.6	Améliorations envisagées.....	277
3.5	Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture / Sylviculture / Pêche (NFR 1A4) .. .....	279
3.5.1	Caractéristiques de la catégorie .....	279
3.5.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	283
3.5.3	Incertitudes .....	301
3.5.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	301
3.5.5	Recalculs.....	301
3.5.6	Améliorations envisagées.....	303
3.6	Autres secteurs (dont militaire) (NFR 1A5).....	303
3.6.1	Caractéristiques de la catégorie .....	303
3.6.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	304
3.6.3	Incertitudes .....	307
3.6.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	307
3.6.5	Recalculs.....	307
3.6.6	Améliorations envisagées.....	308
3.7	Emissions fugitives des combustibles solides (NFR 1B1).....	308
3.7.1	Caractéristiques de la catégorie .....	308
3.7.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	309
3.7.3	Incertitudes .....	312
3.7.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	312
3.7.5	Recalculs.....	312
3.7.6	Améliorations envisagées.....	312
3.8	Emissions fugitives des combustibles liquide et du gaz naturel (NFR 1B2) .....	313
3.8.1	Caractéristiques de la catégorie .....	313
3.8.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	319
3.8.3	Incertitudes .....	329



3.8.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	329
3.8.5	Recalculs.....	329
3.8.6	Améliorations envisagées.....	330
4.	Procédés industriels totaux (Secteur NFR 2) .....	331
4.1	Produits minéraux (NFR 2A) .....	350
4.1.1	Caractéristiques de la catégorie .....	350
4.1.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	353
4.1.3	Incertitudes .....	361
4.1.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	361
4.1.5	Recalculs.....	362
4.1.6	Améliorations envisagées.....	362
4.2	Chimie (NFR 2B).....	362
4.2.1	Caractéristiques de la catégorie .....	362
4.2.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	367
4.2.3	Incertitudes .....	380
4.2.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	380
4.2.5	Recalculs.....	380
4.2.6	Améliorations envisagées.....	381
4.3	Métallurgie (NFR 2C) .....	382
4.3.1	Caractéristiques de la catégorie .....	382
4.3.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	388
4.3.3	Incertitudes .....	399
4.3.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	399
4.3.5	Recalculs.....	399
4.3.6	Améliorations envisagées.....	400
4.4	Utilisation de solvants et de produits chimiques (NFR 2D3) .....	400
4.4.1	Caractéristiques de la catégorie .....	400
4.4.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	404
4.4.3	Incertitudes .....	411
4.4.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	412
4.4.5	Recalculs.....	412
4.4.6	Améliorations envisagées.....	413
4.5	Autres utilisations de produits (NFR 2G).....	413
4.5.1	Caractéristiques de la catégorie .....	413
4.5.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	413

4.5.3	Incertitudes .....	415
4.5.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	415
4.5.5	Recalculs.....	415
4.5.6	Améliorations envisagées.....	416
4.6	Autres productions (NFR 2H) .....	416
4.6.1	Caractéristiques de la catégorie .....	416
4.6.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	418
4.6.3	Incertitudes .....	423
4.6.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	423
4.6.5	Recalculs.....	424
4.6.6	Améliorations envisagées.....	424
4.7	Travail du bois (NFR 2I) .....	424
4.7.1	Caractéristiques de la catégorie .....	424
4.7.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	425
4.7.3	Incertitudes .....	426
4.7.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	426
4.7.5	Recalculs.....	426
4.7.6	Améliorations envisagées.....	426
5.	Agriculture (Secteur NFR 3).....	427
5.1	Généralités .....	442
5.2	Gestion des déjections (NFR 3B).....	479
5.2.1	Caractéristiques de la catégorie .....	479
5.2.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	485
5.2.3	Incertitudes .....	507
5.2.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	508
5.2.5	Recalculs.....	508
5.2.6	Améliorations envisagées.....	509
5.3	Sols agricoles (NFR 3D).....	510
5.3.1	Caractéristiques de la catégorie .....	510
5.3.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	511
5.3.3	Incertitudes .....	523
5.3.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	524
5.3.5	Recalculs.....	524
5.3.6	Améliorations envisagées.....	525
5.4	Brûlage de résidus agricoles (3F) .....	525

5.4.1	Caractéristiques de la catégorie .....	525
5.4.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	526
5.4.3	Incertitudes .....	534
5.4.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	534
5.4.5	Recalculs.....	534
5.4.6	Améliorations envisagées.....	534
6.	Déchets (Secteur NFR 5).....	535
6.1	Stockage des déchets (5A).....	552
6.1.1	Caractéristiques de la catégorie .....	552
6.1.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	553
6.1.3	Incertitudes .....	555
6.1.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	555
6.1.5	Recalculs.....	555
6.1.6	Améliorations envisagées.....	555
6.2	Traitement biologique (5B).....	557
6.2.1	Caractéristiques de la catégorie .....	557
6.2.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	558
6.2.3	Incertitudes .....	560
6.2.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	560
6.2.5	Recalculs.....	560
6.2.6	Améliorations envisagées.....	560
6.3	Incinération des déchets (5C) .....	561
6.3.1	Caractéristiques de la catégorie .....	561
6.3.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	562
6.3.3	Incertitudes .....	579
6.3.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	579
6.3.5	Recalculs.....	579
6.3.6	Améliorations envisagées.....	580
6.4	Traitement des eaux (5D).....	581
6.4.1	Caractéristiques de la catégorie .....	581
6.4.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	583
6.4.3	Incertitudes .....	583
6.4.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	583
6.4.5	Recalculs.....	583
6.4.6	Améliorations envisagées.....	584

6.5	Autres déchets (NFR 5E) .....	584
6.5.1	Caractéristiques de la catégorie .....	584
6.5.2	Méthodes d'estimation des émissions .....	584
6.5.3	Incertitudes .....	589
6.5.4	Contrôle et assurance qualité (QA/QC) .....	590
6.5.5	Recalculs.....	590
6.5.6	Améliorations envisagées.....	590
7.	Autres (NFR 6) et émissions naturelles (NFR 11).....	591
7.1	Autres.....	591
7.1.1	Autres (NFR 6A).....	591
7.1.2	Autres (hors total national) (NFR 6B) : COV biotiques .....	591
7.2	Emissions naturelles (NFR 11) (hors total notional).....	595
7.2.1	Volcans (NFR 11A) .....	595
7.2.2	Feux de forêts (NFR 11B).....	595
7.2.3	Autres émissions naturelles (11C) : éclairs .....	602
8.	Modifications et améliorations .....	604
8.1	Modifications .....	604
8.2	Améliorations envisagées .....	611
9.	Projections .....	618
10.	Rapportage des émissions spatialisées et GSP .....	619
11.	Engagements, objectifs de réduction et cas des niveaux d'émission supérieurs aux plafonds.....	620
11.1	Point sur les différents objectifs .....	620
11.2	Cas particulier des objectifs de réduction des COVNM à partir de 2020 - Procédure d'ajustement dans le cadre de Göteborg-2 .....	630
	Acronymes et abréviations .....	632
	Table des figures.....	635
	Table des tableaux .....	640

## Liste des Annexes

Annexe 1 - Tableaux des catégories clés .....	647
Annexe 2 - Description méthodologique détaillée pour les sources d'émission .....	671
Annexe 3 - Description détaillée de l'emploi des clés de notation NE (non estimé) et IE (inclus ailleurs) et de l'exclusion d'éventuelles sources d'émission .....	712
Annexe 4 - Informations complémentaires sur le bilan énergétique national .....	713
Annexe 5 - Liste détaillée des modifications depuis la précédente édition.....	714
Annexe 6 - Tables au format CEE-NU / NFR (résultats détaillés par année) .....	731
Annexe 7 - Tables de projection au format CEE-NU / NFR .....	732
Annexe 8 - Tables au format CEE-NU / NFR (résultats détaillés par polluant) .....	733
Annexe 9 - Tableaux d'incertitudes.....	734
Annexe 10 - Correspondances entre les nomenclatures CEE-NU / NFR et CORINAIR / SNAP 97c .....	757
Annexe 11 - Références bibliographiques .....	758

TABLE OF CONTENT .....	14
Annexes list.....	21
Preamble.....	22
Abstract.....	23
1. Introduction (National background and inventory methods).....	30
1.1 National Inventory Scope.....	30
1.1.1 Geographic scope of inventories.....	30
1.1.2 Reported emission sources under the national total.....	31
1.2 Institutional arrangements.....	31
1.2.1 National inventory system.....	31
1.2.2 Institutional, legal and procedural arrangements.....	31
1.2.3 Responsibility sharing.....	32
1.2.4 Simplified organisation diagram.....	36
1.3 Inventory preparation process.....	38
1.4 Methods and data sources.....	41
1.5 Key Categories.....	44
1.6 QA/QC and Verification methods.....	48
1.6.1 Quality management.....	48
1.6.2 Quality objectives.....	49
1.6.3 Quality control.....	50
1.6.4 Quality assurance.....	51
1.6.5 Examples of practical actions.....	55
1.7 General uncertainty evaluation.....	55
1.8 General Assessment of Completeness.....	56
1.8.1 Sources Not Estimated (NE).....	57
1.8.2 Sources Included Elsewhere (IE).....	57
1.8.3 Other notation keys.....	59
1.8.4 Description of the sources included in the categories « Other » of the NFR.....	60
2. Explanation of key trends.....	63
2.1 Acidification, eutrophication and photochemical pollution.....	66
2.1.1 SO <sub>2</sub> .....	66
2.1.2 NO <sub>x</sub> .....	67
2.1.3 NMVOC.....	69
2.1.4 CO.....	71
2.1.5 NH <sub>3</sub> .....	72

2.2 Heavy metals.....	73
2.2.1 Pb .....	74
2.2.2 Cd .....	76
2.2.3 Hg .....	77
2.2.4 Ni .....	78
2.2.5 Cu .....	79
2.2.6 As .....	80
2.2.7 Cr .....	81
2.2.8 Zn .....	82
2.2.9 Se .....	83
2.3 Persistent organic pollutant .....	85
2.3.1 PCDD-F .....	85
2.3.2 PAHs.....	86
2.3.3 PCBs .....	88
2.3.4 HCB.....	89
2.4 Particles .....	90
2.4.1 TSP .....	90
2.4.2 PM <sub>10</sub> and PM <sub>2.5</sub> .....	92
2.4.3 BC .....	94
3. Energy.....	95
3.1 Fuel characteristics .....	115
3.1.1 Calorific values .....	116
3.1.2 Content and emission factors.....	117
3.2 Energy industry .....	132
3.2.1 Main features .....	132
3.2.2 Methods for estimating emissions.....	138
3.2.3 Uncertainties.....	151
3.2.4 QA/QC .....	151
3.2.5 Recent recalculations.....	151
3.2.6 Expected improvement.....	153
3.3 Combustion in Manufacturing Industries and Construction.....	153
3.3.1 Main features .....	154
3.3.2 Methods for estimating emissions.....	168
3.3.3 Uncertainties.....	224
3.3.4 QA/QC .....	225

3.3.5 Recalculations .....	225
3.3.6 Expected improvement .....	228
3.4.1 Main features .....	230
3.4.2 Methods for estimating emissions.....	247
3.4.3 Uncertainties.....	274
3.4.4 QA/QC .....	275
3.4.5 Recalculations .....	276
3.4.6 Expected improvement .....	277
3.5 Commercial / Tertiary, Residential, Agriculture / Forestry / Fishing .....	279
3.5.1 Main features .....	279
3.5.2 Methods for estimating emissions.....	283
3.5.3 Uncertainties.....	301
3.5.4 QA/QC .....	301
3.5.5 Recalculations .....	301
3.5.6 Expected improvement .....	303
3.6 Other (including military) .....	303
3.6.1 Main features .....	303
3.6.2 Methods for estimating emissions.....	304
3.6.3 Uncertainties.....	307
3.6.4 QA/QC .....	307
3.6.5 Recalculations .....	307
3.6.6 Expected improvement .....	308
3.7 Fugitive emissions from solid fuels .....	308
3.7.1 Main features .....	308
3.7.2 Methods for estimating emissions.....	309
3.7.3 Uncertainties.....	312
3.7.4 QA/QC .....	312
3.7.5 Recalculations .....	312
3.7.6 Expected improvement .....	312
3.8 Fugitive emissions from liquid fuels and natural gas (NFR 1B2) .....	313
3.8.1 Main features .....	313
3.8.2 Methods for estimating emissions.....	319
3.8.3 Uncertainties.....	329
3.8.4 QA/QC .....	329
3.8.5 Recalculations .....	329



3.8.6 Expected improvement .....	330
4. Total industrial processes .....	331
4.1 Mineral products (NFR 2A) .....	350
4.1.1 Main features .....	350
4.1.2 Methods for estimating emissions.....	353
4.1.3 Uncertainties.....	361
4.1.4 QA/QC .....	361
4.1.5 Recalculations .....	362
4.1.6 Expected improvement .....	362
4.2 Chemical products (NFR 2B) .....	362
4.2.1 Main features .....	362
4.2.2 Methods for estimating emissions.....	367
4.2.3 Uncertainties.....	380
4.2.4 QA/QC .....	380
4.2.5 Recalculations .....	380
4.2.6 Expected improvement .....	381
4.3 Metal production (NFR 2C) .....	382
4.3.1 Main features .....	382
4.3.2 Methods for estimating emissions.....	388
4.3.3 Uncertainties.....	399
4.3.4 QA/QC .....	399
4.3.5 Recalculations .....	399
4.3.6 Expected improvement .....	400
4.4 Solvent and chemical product use .....	400
4.4.1 Main features .....	400
4.4.2 Methods for estimating emissions.....	404
4.4.3 Uncertainties.....	411
4.4.4 QA/QC .....	412
4.4.5 Recalculations .....	412
4.4.6 Expected improvement .....	413
4.5 Other product use (NFR 2G) .....	413
4.5.1 Main features .....	413
4.5.2 Methods for estimating emissions.....	413
4.5.3 Uncertainties.....	415
4.5.4 QA/QC .....	415

4.5.5 Recalculations .....	415
4.5.6 Expected improvement .....	416
4.6 Other productions (NFR 2H).....	416
4.6.1 Main features .....	416
4.6.2 Methods for estimating emissions.....	418
4.6.3 Uncertainties.....	423
4.6.4 QA/QC .....	423
4.6.5 Recalculations .....	424
4.6.6 Expected improvement .....	424
4.7 Wood processing (NFR 2I) .....	424
4.7.1 Main features .....	424
4.7.2 Methods for estimating emissions.....	425
4.7.3 Uncertainties.....	426
4.7.5 Recalculations .....	426
4.7.6 Expected improvement .....	426
5. Agriculture.....	427
5.1 General .....	442
5.2 Manure management (NFR 3B) .....	479
5.2.1 Main features .....	479
5.2.2 Methods for estimating emissions.....	485
5.2.3 Uncertainties.....	507
5.2.4 QA/QC .....	508
5.2.5 Recalculations .....	508
5.2.6 Expected improvement .....	509
5.3 Agricultural soils.....	510
5.3.1 Main features .....	510
5.3.2 Methods for estimating emissions.....	511
5.3.3 Uncertainties.....	523
5.3.4 QA/QC .....	524
5.3.5 Recalculations .....	524
5.3.6 Expected improvements.....	525
5.4 Field burning of agricultural residues (3F).....	525
5.4.1 Main features .....	525
5.4.2 Methods for estimating emissions.....	526
5.4.3 Uncertainties.....	534

5.4.4 QA/QC .....	534
5.4.5 Recalculations .....	534
5.4.6 Expected improvements.....	534
6. Waste .....	535
6.1 Waste disposal on land .....	552
6.1.1 Main features .....	552
6.1.2 Methods for estimating emissions.....	553
6.1.3 Uncertainties.....	555
6.1.4 QA/QC .....	555
6.1.6 Recalculations .....	555
6.1.7 Expected improvements.....	555
6.2 Waste-water handling .....	557
6.2.1 Main features .....	557
6.2.2 Methods for estimating emissions.....	558
6.2.3 Uncertainties.....	560
6.2.4 QA/QC .....	560
6.2.5 Recalculations .....	560
6.2.6 Expected improvements.....	560
6.3 Waste incineration .....	561
6.3.1 Main features .....	561
6.3.2 Methods for estimating emissions.....	562
6.3.3 Uncertainties.....	579
6.3.4 QA/QC .....	579
6.3.5 Recalculations .....	579
6.3.6 Expected improvements.....	580
6.4 Wastewater handling .....	581
6.4.1 Main features .....	581
6.4.2 Methods for estimating emissions.....	583
6.4.3 Uncertainties.....	583
6.4.4 QA/QC .....	583
6.4.5 Recalculations .....	583
6.4.6 Expected improvements.....	584
6.5 Other waste treatment .....	584
6.5.1 Main features .....	584
6.5.2 Methods for estimating emissions.....	584

6.5.3 Uncertainties.....	589
6.5.4 QA/QC .....	590
6.5.5 Recalculations .....	590
6.5.6 Expected improvement .....	590
7. Other and Natural emissions .....	591
7.1 Others .....	591
7.1.1 Other .....	591
7.1.2 Other (not included in national total of the entire territory) .....	591
7.2 Natural emissions.....	595
7.2.1 Volcanoes.....	595
7.2.2 Forest fires .....	595
11B - Feux de Forêts .....	601
7.2.3 Other natural emissions: lightnings.....	602
8. Recalculations and improvements .....	604
8.1 Recalculations .....	604
8.2 Expected improvements.....	611
9. Projections .....	618
10. Reporting of gridded emissions and LPS .....	619
11. Protocols, reduction targets and cases of ceiling exceeding .....	620
11.1 Progress towards meeting targets .....	620
11.2 NMVOC target case since 2020 - Gothenburg-2 Protocol adjustment process.....	630
Table of figures .....	635
List of tables .....	640

**Annexes list**

Annex 1 - Key category tables .....	647
Annex 2 - Detailed methodology used to calculate emission sources .....	671
Annex 3 - Detailed description of NE, IE and other excluded emission sources .....	712
Annex 4 - Additional data on the national energy balance .....	713
Annex 5 - Detailed list of changes since the previous submission .....	714
Annex 6 - UNECE / NFR tables (results detailed by year).....	731
Annex 7 - UNECE / NFR projection tables.....	732
Annex 8 - UNECE / NFR tables (results detailed by pollutant) .....	733
Annex 9 - Uncertainty tables.....	734
Annex 10 - Link between UNECE / NFR and CORINAIR / SNAP 97c list.....	757
Annex 11 - References .....	758

## Préambule

### Preamble

Les protocoles mis en place dans le cadre de la Convention de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-NU) relative à la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, prévoient la communication régulière d'informations sur les émissions dans l'air de diverses substances et de différents émetteurs. A ce titre, la France a l'obligation de fournir des inventaires d'émissions de ces substances dans l'atmosphère.

**Les données présentées s'appliquent aux champs géographiques, temporels et sectoriels définis spécifiquement dans le cadre de la CEE-NU (cf. « 2023 Guidelines for Reporting Emissions and Projections Data under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution » actualisant les lignes directrices ECE/EB.AIR/125). A l'exception de l'aviation civile et de l'UTCATF, le champ sectoriel pris en compte recoupe celui défini par la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Cependant, dans le cas de la France, il existe une différence de périmètre géographique entre les inventaires établis pour ces deux Conventions. En effet, pour la CEE-NU, seule la métropole est prise en compte (l'Outre-mer étant exclu de l'entité France couverte par l'inventaire décrit dans ce rapport).**

De plus, la Directive européenne, (EU) 2016/2284 du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques, modifiant la directive 2003/35/CE et abrogeant la directive 2001/81/CE, demande que chaque État membre communique un inventaire des émissions des polluants atmosphériques selon un format identique à celui retenu par la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière.

Les informations contenues dans le présent document reflètent l'état actuel des connaissances en ce qui concerne les émissions dans l'air des substances rapportées.

**Ce rapport est basé sur les inventaires d'émissions soumis au GCIIE et validés par le MTECT en décembre 2023. Ce rapport annule et remplace toutes les publications antérieures établies pour la même application, en particulier la mise à jour précédente de l'inventaire en date de mars 2023.**

Avec l'amélioration continue des connaissances, les évolutions méthodologiques, les révisions statistiques et les changements des spécifications relatives au rapport des émissions, il y a lieu d'attirer l'attention du lecteur sur la nécessité de s'assurer auprès du MTECT ou du Citepa de l'existence éventuelle d'une mise à jour plus récente.

## Résumé

### Version française

Le présent rapport fournit pour la France les données d'émissions des substances retenues au titre des différents protocoles mis en œuvre dans le cadre de la Convention sur la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance (CPATLD) de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies, ainsi qu'au titre de la Directive européenne relative aux Plafonds d'Emissions Nationaux (NEC). Les substances inventoriées sont le SO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, le NH<sub>3</sub>, les COVNM, le CO, les métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn), les poussières totales en suspension (TSP), les particules fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>), le *black carbon* (carbone suie, BC) et certains composés organiques persistants (POP) tels que les dioxines et les furanes (PCDD/F), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sous forme spéciée (BaP, BbF, BkF et IndPy), les polychlorobiphényles (PCB) et l'hexachlorobenzène (HCB). Les Etats signataires de ces protocoles doivent rapporter annuellement les émissions de ces substances.

Depuis l'édition de mars 2016, les résultats sont rapportés au format CEE-NU/NFR selon les spécifications contenues dans le document relatif aux lignes directrices pour le rapportage des émissions dans le cadre de la CPATLD (ECE/EB.AIR/125 du 13 mars 2014) émis par la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies. Lors de sa 42ème session (Genève, 12-16 décembre 2022), l'Organe exécutif de la Convention Air a adopté les Directives édition 2023 pour la communication des données d'émission et des projections au titre de la Convention (voir la décision 2022/1 de l'Organe exécutif). Ce document est une version révisée des Directives de 2014 pour la communication des données d'émission au titre de la Convention. L'Annexe IV, correspondant au format de rapportage des projections, a été modifiée et adoptée pour une application en 2024 et les années suivantes (alignement avec le format plus détaillé des émissions historiques). Les résultats sont présentés au niveau national avec la nomenclature NFR qui comporte 5 secteurs et 127 sous-secteurs. En revanche la nomenclature d'élaboration utilisée dans le système national d'inventaire (SNIEBA) est la nomenclature CORINAIR/ SNAP 97c. Les éléments d'information sur cette correspondance NFR/ SNAP 97c sont précisés en Annexe 10.

Pour l'ensemble de la période applicable à chaque substance, s'étendant au plus loin à partir de 1980, les estimations produites dans les inventaires précédents

### Abstract

### English version

This report supplies emissions data, for France, concerning all the substances covered by the different protocols adopted under the Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (LRTAP), under the aegis of the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) and by the European Directive on national emission ceilings (NEC). The substances covered are sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), non-methane volatile organic compounds (NMVOCs), ammonia (NH<sub>3</sub>), carbon monoxide (CO), total suspended particles (TSP), fine particles (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>), and black carbon (BC), heavy metals (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) and persistent organic pollutants (POPs) such as dioxins and furans (PCDD/F), specied polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) compounds (BaP, BbF, BkF, IndPy), polychlorobiphenyls (PCBs) and hexa-chlorobenzene (HCB). Parties to the Convention have to report emissions of these substances annually.

Since the March 2016 edition, results are reported in the format UNECE/NFR in accordance with the specifications set out in the guidelines relative on guidelines for reporting emission data under the Convention on LRTAP (ECE/EB.AIR/125 March 13rd 2014) defined by the United Nations Economic Commission for Europe. At its 42nd session (Geneva, December 12-16, 2022), the Executive Body of the Air Convention adopted the 2023 Guidelines for Reporting Emission Data and Projections under the Convention (see Executive Body decision 2022/1). This document is a revised version of the 2014 Guidelines for Reporting Emissions Data under the Convention. Annex IV, corresponding to the reporting format for projections, has been amended and adopted for application in 2024 and subsequent years (alignment with the more detailed format for historical emissions). The results are presented at the national level with the NFR nomenclature using 5 sectors and 127 sub-sectors. Conversely, the nomenclature used in the national inventory system to conduct inventories is the CORINAIR/ SNAP 97c nomenclature. Information relating to this correspondence NFR/SNAP 97c is included in Annex 10.

For the entire period (going back as far as 1980) concerning each substance, estimates provided in the previous inventories have been reviewed and

ont été revues et corrigées pour tenir compte des mises à jour statistiques, de l'amélioration des connaissances et d'éventuelles modifications méthodologiques.

#### *Périmètre de l'inventaire et différences de rapportage*

Le champ géographique couvert par la CEE-NU est l'ensemble constitué par les 96 départements de la Métropole uniquement. Les totaux nationaux rapportés diffèrent de ceux rapportés dans le cadre de la CCNUCC, où le périmètre couvert inclut la Métropole et les territoires français d'Outre-Mer, inclus et non-inclus dans l'Union Européenne.

En plus de cette différence de périmètre géographique, il existe des différences de rapportage entre les formats CEE-NU et CCNUCC. Les émissions des feux de forêts sont comptabilisées hors total national dans le présent rapportage, alors qu'elles sont comptabilisées dans le secteur UTCATF pour le rapportage CCNUCC. Les émissions de l'aviation rapportées pour la CEE-NU ne comportent que les émissions liées à la phase de vol dite « LTO (Landing and Take Off) » à la fois pour le trafic domestique et international, tandis que celles rapportées au format CCNUCC comportent les émissions liées à la phase dite LTO et celles liées à la phase de vol dite « croisière », mais seulement pour les vols domestiques.

#### *Evolution des émissions*

Le tableau ci-après présente les évolutions des émissions entre l'année de référence (1980, 1988, 1990 et 2005 selon les polluants et le cadre) et 2022 ; celles-ci sont, pour la plupart des substances, fortement orientées à la baisse :

- **réduction très forte** (supérieure à 50%) en ce qui concerne le plomb (98%), l'hexachlorobenzène (99%), les oxydes de soufre (97%), les dioxines et furanes (93%), le chrome (92%), le nickel (92%), le mercure (90%), le cadmium (87%), le zinc (82%), le monoxyde de carbone (82%), les polychloro-biphényles (81%), le carbone suie (67%), l'arsenic (68%), les PM<sub>2,5</sub> (64%), les oxydes d'azote (68%), les composés organiques volatils non méthaniques (64%), les PM<sub>10</sub> (57%).

corrected to take into account updated statistics, improved knowledge and possible changes in methodology.

#### *Inventory scope and reporting differences*

The CEE-NU geographic scope covers the 96 departments in mainland France only. The national totals reported differ from those reported under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), where the geographic scope covers mainland France and French Overseas territories included, and non included, in the European Union.

In addition to this difference regarding the geographical scope, there are differences between the UNECE and UNFCCC reportings. Emissions from forest fires are not included in the national total in this report, but are accounted for in the LULUCF sector for the UNFCCC report. Emissions from aviation reported for the UNECE only include emissions related to the so-called "LTO (Landing and Take Off)" phase for both domestic and international traffic, while those reported for UNFCCC format include emissions linked to the so-called LTO phase and those linked to the so-called "cruise" flight phase, but only for domestic flights.

#### *Emission trends*

As indicated in the table below, emission trends between the reference year (1980, 1988, 1990 and 2005 depending on the substances and the framework) and 2022 show a decline for most substances:

- **a very sharp decrease** (at least 50%) for lead (98%), hexa-chlorobenzene (99%), sulphur oxides (97%), dioxins and furans (93%), chromium (92%), nickel (92%), mercury (90%), cadmium (87%), zinc (82%), carbon monoxide (82%), polychloro-biphenyls (81%), black carbon (67%), arsenic (68%), PM<sub>2,5</sub> (64%), nitrogen oxides (68%), non-methane volatile organic compounds (64%), PM<sub>10</sub> (57%).



Tableau 1 : Emissions en France (Métropole) en 2022 et évolutions

Emissions en France (métropole) en 2022 et évolutions  
Emissions for France (metropolitan) in 2022 and trends

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.mls.frecap

Substance Substance	Unité Unit	Années de référence Reference years													Evolutions (%) trends (%) Référence => 2022				
		1980	1988	1990	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		2019	2020	2021	2022
SO <sub>2</sub>	Gg	3 185		1 293	457	271	221	218	201	157	150	134	129	122	101	91	102	89	-97%
NO <sub>x</sub>	Gg	2 197		2 177	1 611	1 233	1 173	1 149	1 127	1 046	1 022	971	937	885	832	720	744	698	-68%
NH <sub>3</sub>	Gg	652		672	624	599	602	597	585	591	595	595	593	591	571	550	540	518	-21%
COVNM / NMVOCs	Gg		2 950	2 920	1 794	1 457	1 338	1 297	1 287	1 233	1 204	1 196	1 193	1 153	1 121	1 080	1 077	1 065	-64%
CO	Gg	13 346		10 711	5 804	4 772	3 927	3 672	3 738	3 144	3 132	3 187	3 104	2 948	2 883	2 456	2 677	2 437	-82%
As	Mg			17	13	8,8	7,3	7,2	7,5	6,4	6,3	6,4	6,2	6,2	6,0	5,1	5,7	5,5	-68%
Cd	Mg			20	6	3,5	3,2	3,1	3,1	3,2	3,0	3,4	3,1	2,6	2,8	2,7	2,6	2,6	-87%
Cr	Mg			399	62	47	40	41	41	37	38	37	36	36	36	33	32	32	-92%
Cu	Mg			256	326	339	334	329	330	327	335	332	330	328	328	279	289	311	21%
Hg	Mg			26	7	4,9	4,9	4,6	4,4	4,8	4,1	3,6	3,3	3,2	3,2	2,7	2,8	2,5	-90%
Ni	Mg			286	147	90	68	59	53	45	42	38	30	24	25	20	20	22	-92%
Pb	Mg			4 288	172	133	117	120	116	109	103	101	101	100	100	87	92	89	-98%
Se	Mg			13	12	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	9	9	-30%
Zn	Mg			2 089	512	460	436	449	432	409	421	423	414	416	408	364	388	378	-82%
PCDD/F	g ITEQ			1 802	265	175	163	154	160	151	150	140	137	134	130	120	124	123	-93%
HAP / PAHs	Mg			46	35	38	33	37	40	34	36	37	37	36	37	32	37	34	-27%
dont / of which :																			
BaP	Mg			13,1	10,1	10,9	9,4	10,6	11,6	9,9	10,2	10,8	10,6	10,4	10,6	9,3	10,5	9,6	-26%
BbF	Mg			15,3	11,6	12,5	10,8	12,1	13,2	11,3	11,7	12,3	12,1	11,9	12,1	10,6	12,0	11,0	-28%
BkF	Mg			9,4	7,3	7,7	6,7	7,5	8,1	6,9	7,2	7,6	7,4	7,3	7,4	6,6	7,4	6,8	-27%
IndPy	Mg			8,1	6,5	7,0	6,0	6,7	7,3	6,3	6,5	6,8	6,7	6,6	6,7	5,9	6,7	6,1	-25%
PCB	kg			178	68	54	46	50	50	42	41	41	41	38	34	30	36	34	-81%
HCB	kg			1 197	26	59,7	56,8	52,3	56,1	63,3	71,9	81,3	80,4	84,6	68,0	34,6	18,5	8,0	-99%
TSP	Gg			1 248	1 036	949	904	916	911	854	870	884	875	854	849	785	828	797	-36%
PM <sub>10</sub>	Gg			589	441	391	339	352	355	311	315	320	311	297	292	256	279	253	-57%
PM <sub>2,5</sub>	Gg			468	342	301	251	264	268	227	229	235	223	211	206	177	194	170	-64%
BC	Gg			82	68	58	51	51	51	44	43	42	39	36	34	29	31	27	-67%

(\*) correspond au "total national" tel que défini dans le NFR excluant les memo items / corresponds to the "national total" as defined in the NFR excluding memo items

(\*\*) Objectif relatif par rapport à l'année de référence

Ces évolutions, à la baisse pour l'ensemble des polluants, excepté le cuivre, témoignent des actions entreprises pour réduire les émissions, notamment dans le cadre des plafonds 2010 fixés par le Protocole de Göteborg et la Directive NEC mais aussi dans le cadre des derniers engagements à partir de 2020 (les objectifs détaillés sont présentés dans la section 11 du rapport). Le Protocole de Göteborg amendé a été adopté le 4 mai 2012 à Genève. Il fixe de nouveaux engagements à partir de 2020 et introduit un engagement pour les PM<sub>2,5</sub> en plus de ceux du SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> et des COVNM. Il est à noter que ces engagements ne sont plus fixés en valeurs absolues (plafonds) mais en valeurs relatives. Il en est de même des derniers engagements de la dernière révision de la directive NEC (EU) 2016/2284.

Des révisions ultérieures de ces données sont toujours possibles, sinon probables, pour tenir compte des modifications méthodologiques et des travaux en cours au plan international en vue d'améliorer la connaissance et les règles d'établissement et de présentation des émissions.

Principales différences avec l'édition précédente

- Dans le secteur résidentiel : forte révision en 2021 pour les polluants liés à la combustion du bois résidentiel : COVNM, PM, du fait de la prise en compte des condensables et de la mise à jour du parc d'équipement (retard de 10 ans sur les derniers équipements performant) ; une correction sur les émissions de SO<sub>2</sub> de la combustion et une diminution

These trends, on the decrease, except for copper, give an indication of measures taken to reduce emissions in order to comply especially with the 2010 ceilings set by the Gothenburg Protocol and the EU NEC Directive and also in the frame of the more recent commitments from 2020 (the detailed targets are presented in section 11 of this report). The amended Gothenburg Protocol was just adopted on May 4<sup>th</sup>, 2012 in Geneva and set new reduction commitments from 2020 and introduced a commitment for the PM<sub>2,5</sub> in addition to those for the SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> and NMVOCs. These commitments are not any more set in absolute values (ceilings) but in relative values. The same is also true for the new targets set by the revise NEC Directive (EU) 2016/2284.

Future reviews of these data are always possible, if not probable, to take into account both changes in methodology and work underway at international level in order to improve knowledge and rules on compiling and presenting emissions.

Main recalculations

- In the residential sector: significant revision in 2021 for pollutants linked to the combustion of residential wood: NMVOC, PM, due to implementation of condensables and the update of the equipment fleet (delay of 10 years for the latest efficient equipment); a correction in SO<sub>2</sub>

de la consommation de FOL.

- **Dans le secteur du transport** : pour le routier, la mise à jour des données d'activité ; des facteurs d'émission, pour les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires légers et les poids lourds (y compris les bus et les cars), pour NO<sub>x</sub>, COVNM et CO ; et des facteurs d'émissions par abrasion, pour les véhicules particuliers et les véhicules utilitaires légers. Pour le maritime, la prise en compte des consommations d'huile 2 temps et 4 temps.
  - **Incorporation des déclarations spécifiques des rejets industriels** : le processus de prise en compte des données d'émission, au niveau des sites se poursuit dans le cadre de l'amélioration continue.
  - **Industrie et usage de produits** : révision des émissions de COVNM pour le secteur de l'imprimerie, révision de la méthode de calcul des émissions de Hg pour les lampes contenant du mercure, ajout d'émissions de PM sur toute la série temporelle dans le secteur de la chimie.
  - **Agriculture** : peu de changement entre les deux éditions. La mise à jour du brûlage des sarments en viticulture a eu un impact sur l'ensemble des polluants. Concernant le NH<sub>3</sub>, la révision du calcul des déjections importées entraîne une baisse plus forte en fin de période. Sur toute la période temporelle, le NH<sub>3</sub> est aussi revu à la baisse, avec la révision de la catégorisation du cheptel bovins et du cheptel de chevaux à la baisse. Le HCB est revu à la hausse après une révision de la série temporelle qui n'était pas estimée pour les années anciennes.
  - **Déchets / feux ouverts** : baisse des émissions de toutes les substances associées aux feux de véhicule et de bâtiment, ainsi qu'au brûlage de déchets verts dans les statistiques nationales consolidés.
  - **Déchets / méthanisation** : actualisation des données concernant la récupération du biogaz (valorisation et torchage) entre 2012 et 2021.
  - **Déchets / boues** : mise à jour de la quantité des boues incinérées.
  - **Déchets / décharges** : révision du secteur des décharges.
- emissions from combustion and a reduction in FOL consumption.
- **Transport**: for road transport, update of activity data; NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO emissions factor for passengers cars, light duty vehicles, heavy duty vehicles (including buses and coaches); and non+exhaust emission factors for passengers cars and light duty vehicles. For marine transport, 2-stroke and 4-stroke oil consumption has been included.
  - **Incorporation of specific emission data from declarations**: the process of incorporation of the emission data, at the level of the installations still continues.
  - **Industry and product uses**: revision of NMVOC emissions for the printing sector, revision of the method for calculating Hg emissions for mercury-containing lamps, addition of PM emissions over the entire time series in the chemicals sector.
  - **Agriculture**: few changes between the two editions. The updating of vine stalks burning had an impact on all pollutants. In the case of NH<sub>3</sub>, the revised calculation of imported manure has led to a sharper fall at the end of the period. Over the entire period, NH<sub>3</sub> is also revised downwards, with the categorization of cattle and horses revised downwards. HCB is revised upwards following a revision of the time series, which was not estimated for earlier years.
  - **Waste / open fires**: reduced emissions of all substances associated with vehicle and building fires, and the burning of green waste in the statistical database.
  - **Waste / methanization**: updated data on biogas recuperation (recovery and flaring) between 2012 and 2021.
  - **Waste / sludge**: update of the quantity of incinerated sludge.
  - **Waste / landfills**: revision of the landfill sector.

Tableau 2 : Emissions dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024

## EMISSIONS DANS L'AIR EN FRANCE (Métropole)

*Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024*

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx /compa

Substance	Unité	Année 1990			Année 2005			Année 2021		
		Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en%)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en%)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en%)
SO <sub>2</sub>	Gg	1 287	1 293	0,5%	458	457	0,0%	89	102	15%
NOx	Gg	2 182	2 177	-0,2%	1 587	1 611	1,5%	756	744	-1,5%
NH <sub>3</sub>	Gg	675	672	-0,6%	627	624	-0,5%	547	540	-1,4%
COVNM	Gg	2 928	2 920	-0,3%	1 783	1 794	0,6%	1 164	1 077	-7,5%
CO	Gg	10 711	10 711	0,0%	5 687	5 804	2,1%	2 707	2 677	-1,1%
As	Mg	17	17	0,0%	13	13	1,1%	5,6	5,7	2,0%
Cd	Mg	20	20	0,0%	6,0	6,1	0,8%	2,6	2,6	1,1%
Cr	Mg	399	399	0,0%	59	62	5,3%	30	32	6,5%
Cu	Mg	256	256	0%	279	326	17%	247	289	17%
Hg	Mg	26	26	0,0%	7,4	7,4	-0,2%	2,6	2,8	9,0%
Ni	Mg	286	286	0,0%	146	147	0,7%	22	20	-6,8%
Pb	Mg	4 288	4 288	0,0%	162	172	6,0%	85	92	8,2%
Se	Mg	13	13	0,0%	13	12	-0,3%	10	9,4	-1,9%
Zn	Mg	2 089	2 089	0,0%	500	512	2,4%	388	388	0,2%
PCDD-F	g ITEQ	1 802	1 802	0,0%	265	265	0,1%	125	124	-0,9%
HAP	Mg	46	46	0,0%	35	35	0,2%	37	37	-1,7%
BaP	Mg	13	13	0,0%	10	10	0,3%	11	11	-2,0%
BbF	Mg	15	15	0,0%	12	12	0,2%	12	12	-1,8%
BkF	Mg	9,4	9,4	0,0%	7,3	7,3	0,1%	7,5	7,4	-1,3%
IndPy	Mg	8,1	8,1	0,0%	6,4	6,5	0,4%	6,8	6,7	-1,8%
PCB	kg	178	178	0,0%	68	68	0,1%	36	36	0,4%
HCB	kg	1 197	1 197	0%	13	26	95%	17	18	7,7%
TSP	Gg	1 248	1 248	0,0%	1 031	1 036	0,4%	827	828	0,1%
PM <sub>10</sub>	Gg	589	589	0,0%	431	441	2,4%	270	279	3,0%
PM <sub>2,5</sub>	Gg	468	468	0,0%	335	342	2,1%	189	194	2,5%
BC	Gg	82	82	0,0%	67	68	0,7%	32	31	-2,5%

(\*) les explications sur les changements entre éditions sont détaillées dans les sections « recalculs » des chapitres sectoriels et dans le chapitre 8 « Modification et améliorations ».

*Inclusion/exclusion de la fraction condensable dans les facteurs d'émissions des particules PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>*

Depuis l'édition de mars 2019, des spécifications liées aux composés condensables dans les PM ont été introduites. Au sein de chaque partie sectorielle (sections 3 à 7), la méthode d'estimation des émissions des particules doit préciser la prise en compte ou non de la fraction condensable dans les facteurs d'émission des PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>.

On considère généralement que les condensables sont importantes dans les process de combustion et en particulier dans les installations de combustion de petite taille comme le transport (1A3) et la combustion de bois (secteur résidentiel tertiaire - 1A4) (Annexe 2).

Actuellement, dans l'inventaire français, les secteurs dont les facteurs d'émission prennent en compte la fraction condensable sont les suivants : transport routier (NFR 1A3b - émissions de particules liées à l'échappement), industrie manufacturière (NFR 1A2gvii - émissions de particules liées à la combustion provenant de sources mobiles du secteur de l'industrie et du BTP), combustion du bois dans le résidentiel (1A4b), matériaux asphaltés pour toiture (2D3c).

Pour de nombreux secteurs, l'information n'est pas disponible : les facteurs d'émission provenant du guide EMEP/EEA et les méthodes de mesures de PM utilisées pour déterminer les facteurs d'émission, n'indiquent pas souvent si les matières filtrables et/ou condensables sont incluses.

La table complète est disponible en annexe 2.3 du rapport.

*Projets d'améliorations prioritaires à venir*

Les projets actuels concernent l'intégration de la nouvelle version du guide EMEP / EEA 2023, la poursuite de la prise en compte « bottom-up » des déclarations individuelles d'émissions, la poursuite des actions relatives à la détermination quantifiée des incertitudes, l'amélioration des estimations des émissions de particules et de métaux lourds de l'industrie ou encore la révision du parc de chaudières du secteur résidentiel lorsque des données seront disponibles. Pour les prochaines mises à jour, sont également envisagées les actions suivantes : analyse des émissions de CO de la sidérurgie, mise à jour des répartitions des consommations domestiques / internationales dans le secteur maritime, affinement des émissions de PM des carrières, poursuite de la prise en compte des techniques de réduction des émissions de NH<sub>3</sub> en agriculture, estimation des émissions des barbecues, ou encore la prise en compte des différents types de brûlage agricole...

*Exhaustivité*

L'inventaire couvre l'essentiel des sources d'émissions

*Inclusion/exclusion of the condensable component from PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> emission factors*

Since the March 2019 edition, specifications related to the condensable component of PM have been added. In the chapters 3 to 7, the method for estimating PM emissions has to precise whether the condensable component is included or not in the emission factors of PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>.

It is generally considered that condensables are most important for combustion processes and then in particular the smaller size combustion processes such as transport (1A3) and small combustion (1A4 - commercial/institutional and residential sector) (Annexe 2).

Currently in the french inventory, the source sectors where the information on the inclusion of condensable particulate matter is indicated are the following : road transport (NFR 1A3b - emissions of particulate matter from exhaust gases), manufacturing industries (NFR 1A2gvii - Mobile Combustion in manufacturing industries and construction), residential wood combustion (1A4b), asphalt roofing (2D3c).

For most sectors, there is no such information in the specific chapters in the EMEP Guidebook and the methods for measuring particulate matter do not say in general if condensables are included.

For further information, please refer to the table in Annex 2.3 of the report.

*Main expected improvements*

Currently the main improvements concern the integration of the new version of the EMEP / EEA 2023 guidelines, the increase of "bottom-up" use of plant data in the emission inventories, the development of further actions to quantify uncertainties, the improved estimates of particulate and heavy metals emissions from industry or the review of the stock of boilers in the residential sector when data will be available. For the next updates, the following actions are also planned: analyzing CO emissions from the steel industry, updated distribution of domestic/international consumption in the marine sector, refinement of PM emissions from quarries, continuing to take into account the NH<sub>3</sub> reducing techniques from agriculture, estimating the emissions from barbecues, or even investigations on the different types of agriculture burning...

*Completeness*

The inventory covers the major emission sources, but

mais certaines sources sont encore répertoriées comme non estimées et constituent des pistes d'amélioration et de recherche.

some sources are still listed as not estimated and could need improvement and research.

# 1. Introduction (Cadre national et méthodes d'inventaire)

## 1. Introduction (National background and inventory methods)

Les sections suivantes traitent de l'organisation et des moyens mis en œuvre pour réaliser les inventaires nationaux d'émissions, couvrant le système national d'inventaire et les approches méthodologiques employées, en passant par les aspects de contrôle et assurance qualité.

### 1.1 Périmètre de l'inventaire national

#### 1.1 National Inventory Scope

#### 1.1.1 Couverture géographique des inventaires

##### 1.1.1 Geographic scope of inventories

Le champ géographique couvert par la CEE-NU est l'ensemble constitué par les 96 départements de la Métropole uniquement.

Les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE (Guadeloupe, Martinique, Mayotte<sup>1</sup>, Saint-Martin, Guyane et Ile de la Réunion) ainsi que les territoires d'Outre-mer non inclus dans l'UE<sup>2</sup> (Saint-Pierre-et-Miquelon, Polynésie Française, Wallis-et-Futuna, St Barthélémy, la Nouvelle-Calédonie<sup>3</sup> et les Terres Australes et Antarctiques Françaises en sont exclus.

Le tableau ci-dessous illustre les caractéristiques et la couverture géographique des divers inventaires fournis par le Citepa.

Tableau 3 : Couverture géographique de la France

Statuts.xlsx

	Catégorie		Inventaires					
	Statut "français"	Périmètre inclus / non inclus dans l'UE	CEE-NU	NEC	CCNUCC	CCNUCC UE	GIC	SEQE
Source CITEPA/format CCNUCC - mars 2024								
96 départements sur le continent européen	Départements métropolitains	inclus						
Guadeloupe Guyane Martinique Réunion	Départements d'Outre-mer	inclus						
Mayotte <sup>(a)</sup>	Département d'Outre-mer (depuis 2011)	inclus depuis janvier 2014						
Saint Martin Saint Barthélémy	Collectivités d'Outre-mer (depuis mi-2007)	inclus non inclus (PTOM) <sup>(c)</sup> depuis janvier 2012						
Saint-Pierre et Miquelon Wallis et Futuna Polynésie française Nouvelle Calédonie	Collectivités d'Outre-mer Collectivité <i>sui generis</i>	non inclus (PTOM) <sup>(c)</sup> non inclus (PTOM) <sup>(c)</sup>						
Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) et Ile de Clipperton <sup>(b)</sup>	TAAF et Ile de Clipperton	non inclus (PTOM) <sup>(c)</sup>						

(a) Le territoire de Mayotte est devenu un département d'Outre-mer le 31 mars 2011, toutefois il n'est pas inclus automatiquement dans l'UE par son changement de statut (il reste un PTOM<sup>(c)</sup> avant janvier 2014, date à laquelle il est intégré à l'UE)

(b) Clipperton n'est pas cité dans l'annexe du Traité, ce n'est donc pas un PTOM officiellement et n'appartient pas à l'UE (cas similaire à celui des îles anglo-normandes pour le Royaume-Uni)

(c) La France comme d'autres Etats-membres comporte des territoires situés Outre-mer qui n'appartiennent pas à l'Union européenne ; ils ont généralement des liens d'association particuliers avec l'UE. Ces territoires sont désignés par le terme « Pays et Territoires d'Outre-mer » (PTOM) et figurent nommément dans l'annexe II de la Partie IV du Traité établissant une constitution pour l'Europe.

inclus dans l'inventaire

<sup>1</sup> Mayotte est devenu département d'outre-mer le 31 mars 2011

<sup>2</sup> En référence à l'année 2018, année la plus récente prise en compte dans l'inventaire

<sup>3</sup> La Nouvelle-Calédonie est une collectivité *sui generis*

## 1.1.2 Couverture des sources émettrices dans le total national

### 1.1.2 Reported emission sources under the national total

Toutes les sources d'émissions atmosphériques sont incluses dans les inventaires pour la CEE-NU à l'exception des émissions non anthropiques et des émissions qui font l'objet d'exclusion ou de limitation conformément aux décisions des Nations Unies, comme une partie du trafic aérien (vols au-dessus de 1000 m) ou une grande partie du maritime (trafic international), lesquels sont rapportés hors total national.

La distinction entre sources anthropiques et non anthropiques est dans une grande majorité des cas, simple et évidente, mais peut dans certains cas être complexe et faire l'objet d'appréciations diverses. Le terme **anthropique** souffre d'une **absence de définition** dans les inventaires requis par la CEE-NU. En particulier, la question est fréquemment soulevée en ce qui concerne les **sources biotiques** et notamment les forêts. Les lignes directrices de rapportage des inventaires CEE-NU précisent que suivant la nomenclature de rapport (NFR), les émissions relatives aux sources biotiques des forêts sont regroupées dans des rubriques pour mémoire (*memo items*) et donc rapportées hors « total national ».

Fin 2018, la structure de l'IIR « Annex II\_v2018 - Recommended Structure for Informative Inventory Report » a été mise à jour pour ajouter des informations sur les composés condensables dans les particules.

Lors de sa 42<sup>ème</sup> session (Genève, 12-16 décembre 2022), l'Organe exécutif de la Convention Air a adopté les Directives édition 2023 pour la communication des données d'émission et des projections au titre de la Convention (voir la décision 2022/1 de l'Organe exécutif). Ce document est une version révisée des Directives de 2014 pour la communication des données d'émission au titre de la Convention. L'Annexe IV, correspondant au format de rapportage des projections, a été modifiée et adoptée pour une application en 2024 et les années suivantes (alignement avec le format plus détaillé des émissions historiques).

## 1.2 Cadre institutionnel de l'inventaire national

### 1.2 Institutional arrangements

*English translation of this part in OMINEA\_snieba organisation\_COM*

### 1.2.1 Système national d'inventaire

#### 1.2.1 National inventory system

Cette section décrit les principales composantes et caractéristiques organisationnelles du système national d'inventaires des émissions de polluants dans l'atmosphère conformément aux dispositions mises en place par le **Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT)**, en particulier, l'arrêté du 24 août 2011 relatif au système national d'inventaires d'émissions et de bilans dans l'atmosphère (SNIEBA).

### 1.2.2 Disposition institutionnelle, législatives et procédurale

#### 1.2.2 Institutional, legal and procedural arrangements

Les pouvoirs publics s'attachent à disposer de données relatives aux émissions de polluants dans l'atmosphère qui correspondent quantitativement et qualitativement aux différents besoins nationaux et internationaux du fait de l'importance de ces données pour identifier les sources concernées, définir les programmes appropriés d'actions de prévention et de réduction des émissions, informer les nombreux acteurs intervenant à divers titres et sur divers thèmes en rapport avec la pollution atmosphérique.

La responsabilité de la définition et de la maîtrise d'ouvrage du système national d'inventaire des émissions de polluants et de gaz à effet de serre dans l'atmosphère appartient au Ministère en charge de l'environnement (MTECT).

Le MTECT prend en coordination avec les autres ministères concernés les décisions utiles à la mise en place et au fonctionnement du SNIEBA, en particulier les dispositions institutionnelles, juridiques ou de procédure. A ce titre, il définit et répartit les responsabilités attribuées aux différents organismes impliqués. Il met en œuvre les dispositions qui assurent la mise en place des processus relatifs à la détermination des méthodes d'estimation, à la collecte des données, au traitement des données, à l'archivage, au contrôle et à l'assurance de la qualité, à la diffusion des inventaires tant sur le plan national qu'international ainsi que les dispositions relatives au suivi de la bonne exécution.

La multiplicité des besoins conduisant à l'élaboration d'inventaires d'émission de polluants et de gaz à effet de serre dans l'atmosphère portant souvent sur des substances et des sources similaires justifie dans un souci de cohérence, de qualité et d'efficacité de retenir le **principe d'unicité du système d'inventaire**. Cette stratégie correspond aux recommandations des instances européennes et internationales telles que la Commission européenne et les Nations Unies.

Les inventaires d'émission doivent garantir diverses qualités de cohérence, comparabilité, transparence, exactitude, ponctualité, exhaustivité qui conditionnent l'organisation du système sur les plans administratif et technique.

L'organisation du système actuel a fait l'objet de l'arrêté interministériel (SNIEBA) du 24 août 2011 qui annule et remplace l'arrêté du 29 décembre 2006 relatif au système national d'inventaires des émissions de polluants dans l'atmosphère (SNIEPA).

Cette organisation est compatible avec le cadre directeur des systèmes nationaux pour la CCNUCC et la CEE-NU.

### 1.2.3 Répartition des responsabilités

#### 1.2.3 Responsibility sharing

*English translation of this part in OMINEA\_ snieba organisation\_COM*

Les responsabilités sont réparties comme suit :

La **maîtrise d'ouvrage de la réalisation des inventaires et la coordination d'ensemble du système** sont assurées par le MTECT.

**D'autres ministères et organismes publics** contribuent aux inventaires d'émissions par la mise à disposition de **données et statistiques** utilisées pour l'élaboration des inventaires.

L'**élaboration des inventaires d'émission** en ce qui concerne les **méthodes** et la préparation de leurs **évolutions, la collecte et le traitement des données, l'archivage, la réalisation des rapports et divers supports**, la gestion du **contrôle** et de la **qualité**, est confiée au Citepa par le MTECT. Le Citepa assiste le MTECT dans la coordination d'ensemble du système national d'inventaire des émissions de polluants dans l'atmosphère. A ce titre, il convient de mentionner tout particulièrement la coordination qui doit être assurée entre les inventaires d'émissions et les registres d'émetteurs tels que l'E-PRTR et le registre des quotas d'émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission (SEQUE), sans oublier d'autres aspects (guides publiés par le MTECT, système de déclaration annuelle des rejets de polluants, etc.) pour lesquels il est important de veiller à la cohérence des informations.

Le MTECT met à disposition du Citepa toutes les informations dont il dispose dans le cadre de la réglementation existante, comme les déclarations annuelles de rejets de polluants des Installations



Classées, ainsi que les résultats des différentes études permettant un enrichissement des connaissances sur les émissions qu'il a initiées tant au sein de ses services que d'autres organismes publics comme l'ADEME et l'INERIS. Par ailleurs, l'arrêté SNIEBA du 24 août 2011 établit une liste des statistiques et données émanant d'organismes publics ou ayant une mission de service public, utilisées pour les inventaires d'émission (cf. tableau suivant relatif à l'annexe II de l'arrêté SNIEBA).

Tableau 4 : Liste des statistiques et données émanant d'organismes publics

SECTEUR	TYPE DE DONNÉES	ORGANISME ÉMETTEUR des données
Energie	Bilan de l'énergie. Consommation d'énergie en France. Consommation et ventilation des produits pétroliers à usage non énergétique. Consommations d'énergie dans l'industrie. Consommations d'énergie dans le résidentiel et le tertiaire. Consommations d'énergies renouvelables dans l'industrie et le résidentiel/tertiaire. Bilan de la pétrochimie.	Ministère chargé de l'industrie
	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées.	Ministère chargé de l'écologie
	Consommations d'énergie dans les industries agricoles et alimentaires (IAA).	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche
	Comptes des transports de la nation. Statistiques du transport maritime. Statistiques du transport aérien.	Ministère chargé des transports
Procédés industriels	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées.	Ministère chargé de l'écologie
	Production des IAA. Enquêtes de branches.	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche
	Statistiques industrielles.	INSEE
	Inventaires de fluides frigorigènes.	ADEME
Utilisation de solvants et autres produits	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées.	Ministère chargé de l'écologie
	Production, imports et exports, consommation de peinture/encre/colle.	IINSEE et ministère chargé du commerce extérieur
Agriculture	Statistiques agricoles. Caractérisation des modes d'élevage (mode de gestion des déjections, bâtiments). Caractérisation des pratiques culturales. Facteurs d'émission.	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche INRA
UTCF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)	Statistiques forestières. Utilisation du territoire. Récolte de bois et production de sciages.	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche
	Accroissement et stocks forestiers en métropole.	IFN
	Température/rayonnement solaire global.	Réseau RenEcofor/ONF
Déchets	Inventaire des installations de traitement des déchets ménagers et assimilés. Statistiques déchets de soins à risques. Statistiques déchets industriels.	ADEME et ministère en charge de l'écologie
	Déclarations de rejets polluants. Surveillance dioxines/métaux lourds des usines d'incinération.	Ministère chargé de l'écologie
Tous secteurs	Tout ou partie des éléments ci-dessus selon les secteurs, pour les inventaires territoriaux.	Voir ci-dessus, et AASQA, CITEPA, services des collectivités

Le MTECT pilote le **Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission** (GCIIE) qui a notamment pour mission de :

- **donner un avis sur les résultats** des estimations produites dans les inventaires,
- **donner un avis sur les changements** apportés dans les méthodologies d'estimation,
- **donner un avis sur le plan d'action d'amélioration** des inventaires pour les échéances futures,
- **émettre des recommandations** relativement à tout sujet en rapport direct ou indirect avec les inventaires d'émission afin d'assurer la cohérence et le bon déroulement des actions, favoriser leurs synergies, etc.,
- **recommander des actions d'amélioration** des estimations des émissions vers les programmes de recherche,

Le GCIIE est composé à ce jour de représentants :

- du **Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT)** notamment de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), de la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN), de la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM), de la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) et des services statistiques du MTECT notamment le SDES,
  - du **Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire (MASA)**, notamment le Service de la statistique et de la prospective (SSP) et la Direction générale de la performance économique (DGPE),
  - du **Ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique**, notamment de la Direction générale de l'INSEE et de la Direction générale du Trésor,
  - de **l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)**,
  - de **l'Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS)**,
  - de diverses institutions et agences qui sont également invitées en tant qu'observateurs : c'est le cas des agences agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA), des observatoires régionaux d'émissions de gaz à effet de serre ou encore du Haut-Conseil pour le Climat (HCC).
- La **diffusion des inventaires d'émission** est partagée entre plusieurs services du MTECT qui reçoivent les inventaires approuvés transmis par la DGEC :
    - La **DGEC** assure la diffusion des **inventaires d'émissions** qui doivent être transmis à la **Commission Européenne** en application des directives, notamment **l'inventaire des Grandes Installations de Combustion** dans le cadre de la directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, ainsi que les inventaires au titre de la directive (EU) 2016/2284 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques. Elle assure également la diffusion des **inventaires** relatifs à la **Convention de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies relative à la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance (CEE-NU - CPATLD)**.
    - La DGEC assure également la diffusion de **l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre** établi au titre du règlement européen 2018/1999 (gouvernance de l'union de l'énergie et du climat), ainsi que la diffusion de cet inventaire au titre de la **Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC)** auprès du **Secrétariat de la Convention**.
    - **A la demande du MTECT, le Citepa assure la diffusion de tous les inventaires qu'il réalise par, notamment, la mise en accès public libre des rapports correspondants à l'adresse Internet : <https://www.citepa.org/fr/publications/>. Certains de ces rapports sont parfois également présents sur d'autres sites ou diffusés sous différentes formes par d'autres organismes. Le Citepa est également chargé de diffuser des informations techniques relatives aux méthodes d'estimation et est notamment désigné comme correspondant technique des institutions internationales citées ci-dessus. A ce titre, le Citepa est le Point Focal National désigné par le MTECT dans le cadre de l'évaluation de la modélisation intégrée pour ce qui concerne les émissions. Le Citepa assure conjointement avec le MTECT la diffusion de l'inventaire d'émission dit « SECTEN » qui présente d'une manière**

générale des séries longues et autres données spécifiques relatives aux sources émettrices en France.

## 1.2.4 Schéma organisationnel simplifié

### 1.2.4 Simplified organisation diagram

*English translation of this part in OMINEA\_snieba organisation\_COM*

Les différentes étapes du processus sont explicitées ci-après et représentées par le schéma ci-après.

- A partir de l'expression des différents besoins et des exigences qui s'y attachent, les termes de référence sont établis.
- Les méthodologies à appliquer sont choisies et mises au point en tenant compte des connaissances et des données disponibles, notamment les éléments contenus dans certaines lignes directrices définies par les Nations Unies ou la Commission européenne.
- Les données nécessaires et les sources susceptibles de les produire sont identifiées.
- Les données sont collectées, validées, traitées selon les processus établis, y compris en tenant compte des critères liés à la confidentialité.
- Les données obtenues sont stockées dans des bases de données pour exploitation ultérieure.
- Les principaux éléments utiles à l'approbation des inventaires (résultats d'ensemble, principales analyses, changements majeurs notamment liés à des évolutions méthodologiques) sont produits pour transmission au Groupe de coordination (GCIE).

Le **Groupe de coordination et d'information sur les inventaires d'émission** fait part de son avis sur les inventaires et les **ajustements nécessaires**. Il émet des recommandations et propose un **plan d'actions** visant à améliorer les inventaires tant en ce qui concerne l'exactitude ou l'exhaustivité des estimations que les aspects de forme, d'analyse, de présentation des résultats ou de tout autre point en rapport avec les inventaires.

Le Ministre chargé de l'environnement prend les décisions finales concernant les inventaires.

Les ajustements éventuels sont apportés à l'édition de l'inventaire en cours ou dans le cadre de l'application du plan d'amélioration des inventaires qui comporte des actions à plus long terme.

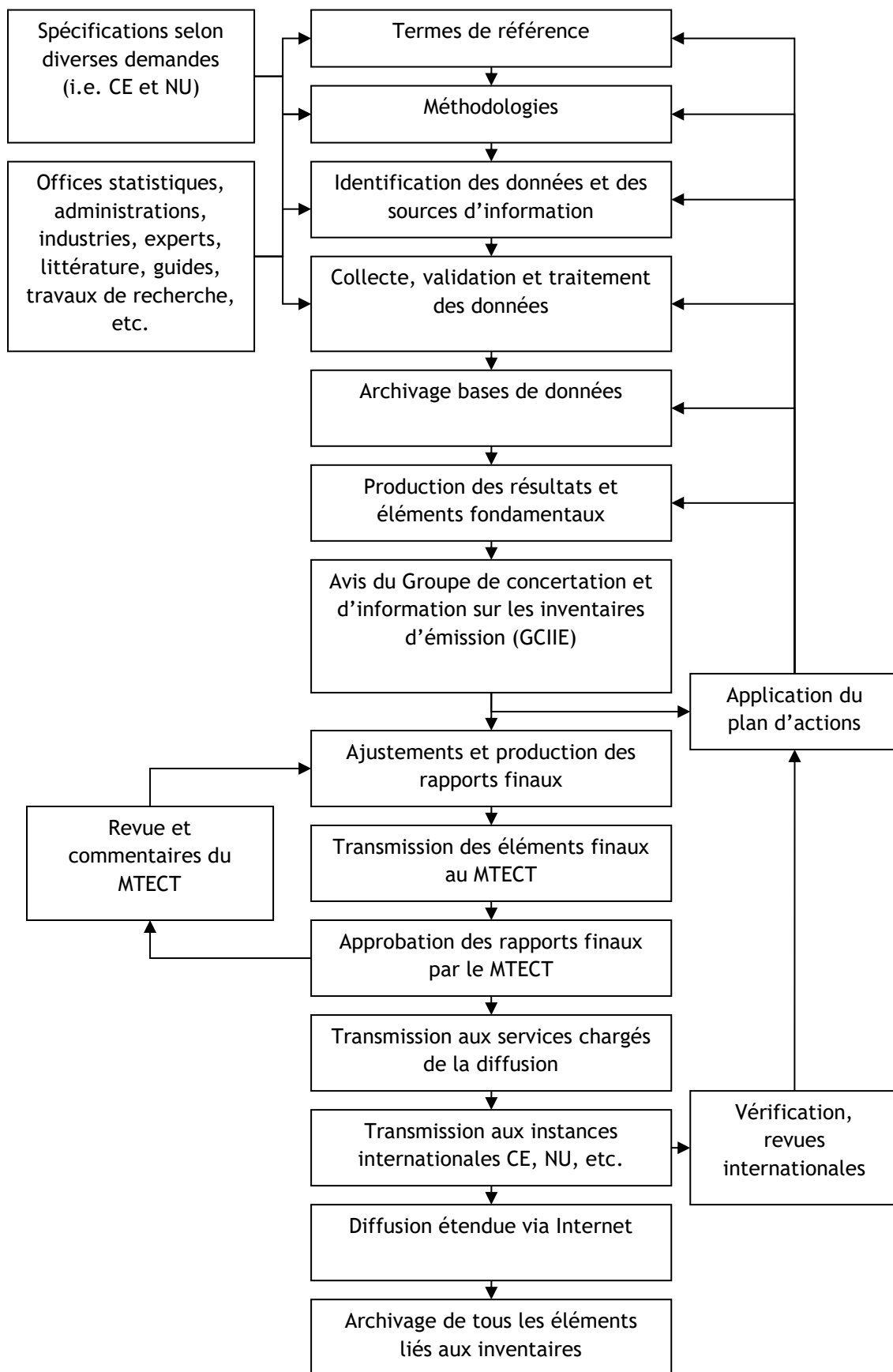
Les éléments finalisés sont remis au MTECT qui, après examen et approbation, les communique aux instances internationales après les avoir éventuellement intégrées dans les rapports nationaux (communication nationale, rapportage au titre de la décision 2005/166/CE, décision 15/CMP1 de la CCNUCC, etc.).

Une diffusion étendue des inventaires est réalisée au travers de la mise en ligne sur le site Internet du Citepa des différents rapports. D'autres vecteurs de diffusion sont également utilisés par les différents organismes utilisateurs des rapports par l'intermédiaire de publications, communications et envois des rapports à certains organismes.

L'ensemble des éléments utilisés pour construire les inventaires est archivé pour en assurer la traçabilité.

Des vérifications sont effectuées notamment par des instances internationales. Certaines, comme les revues au moyen d'équipes d'experts dépêchées par les Nations Unies dans les pays concernés, vont très en profondeur dans le détail des méthodologies et procédures de rapportage des inventaires. . A cela s'ajoutent les revues de l'UE dans le cadre de son propre système de contrôle et assurance qualité des inventaires d'émissions UE basés sur la compilation des inventaires des états membres.> Par ailleurs, toutes les remarques effectuées par divers utilisateurs et les anomalies éventuellement détectées ainsi que le résultat des actions menées au titre de l'assurance qualité au niveau national participent à ces vérifications (cf. section « Programme d'assurance et de contrôle de la qualité »). Tous ces éléments nourrissent le plan d'actions et sont utilisés pour améliorer les éditions suivantes des inventaires.

Figure 1 : Schéma organisationnel simplifié



## 1.3 Descriptif synthétique de la préparation des inventaires d'émissions

### 1.3 Inventory preparation process

Les inventaires d'émissions sont réalisés conformément aux recommandations de la CEE-NU (dernières lignes directrices ECE/EB.AIR/125 Advanced version) et conformément aux exigences de la directive (EU) 2016/2284 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques.

#### Méthodologie

Les approches méthodologiques employées visent à obtenir des inventaires offrant les qualités fondamentales indispensables : justesse, cohérence, complétude, comparabilité, traçabilité. Elles se basent sur les éléments décrits brièvement ci-après (cf. rapport OMINEA pour une présentation plus complète, <https://www.citepa.org/fr/ominea/>).

#### Substances étudiées

Les substances prises en compte varient selon les inventaires. Au total, une trentaine de substances sont actuellement étudiées, à savoir les substances relatives :

- A l'acidification :  $SO_x$  ( $SO_2 + SO_3 + H_2SO_4 + H_2S +$  autres composés de soufre réduits),  $NO_x$  ( $NO + NO_2$ ),  $NH_3$ ,
- A l'eutrophisation :  $NH_3$ ,
- A la pollution photochimique : CO,  $NO_x$  et COVNM,
- A l'accroissement de l'effet de serre :  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $N_2O$ , HFC, PFC et  $SF_6$ ,
- Aux métaux lourds : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn,
- Aux composés organiques persistants (POP) : HAP (les 4 composés : benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène et Indeno(1,2,3-cd)pyrène pour la CEE-NU, ainsi que le Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(a)anthracène, Benzo(a,h)anthracène, Fluoranthène et les autres HAP), dioxines et furanes, PCB, HCB,
- Aux particules : TSP,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{1.0}$ , spéciation *Black Carbon* (BC).

Toutes les émissions sont estimées en masse de substance sous la forme chimique citée (exemple  $NH_3$  en tonnes de  $NH_3$  et non de N). Cependant, il y a lieu de préciser les points suivants :

- Le terme  $NO_x$  couvre exclusivement le monoxyde et le dioxyde d'azote. Les émissions sont exprimées en équivalent  $NO_2$ . Le  $N_2O$ , autre composé oxygéné de l'azote, est considéré séparément.
- Sous l'acronyme COVNM, les composés organiques volatils non méthaniques sont considérés globalement, le méthane est exclu car il est comptabilisé séparément. Aucun composé particulier n'est différencié à l'exception des produits organiques persistants cités ci-dessus. Les émissions correspondent à la somme des émissions de corps chimiquement différents. Le système d'inventaire comporte une spéciation des COVNM en environ 250 espèces ou familles de composés qui permet d'estimer les émissions de ces composés.

Le niveau de détail considéré dans le système permet de produire des indicateurs relatifs à des synergies entre substances tels que l'indicateur acide équivalent (Aeq) pour  $SO_2$ ,  $NO_x$  et  $NH_3$  et le pouvoir de réchauffement global (PRG) pour  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , HFC, PFC,  $SF_6$ .

## Nomenclatures des sources émettrices

### *Référentiel d'élaboration des inventaires*

Les activités anthropiques ou naturelles à l'origine des rejets de diverses substances dans l'atmosphère sont identifiées dans une nomenclature de référence appelée CORINAIR / SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution). Cette nomenclature qui constitue un standard européen, voire international, est spécifique à certaines substances. En l'absence de mise à jour au niveau international (dernière version SNAP 97 version 1.0) notamment pour tenir compte des poussières et des changements concernant l'UTCATF (Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie), cette nomenclature a fait l'objet d'extensions de la part du Citepa (version SNAP 97c) pour réaliser les inventaires, en particulier celui faisant l'objet du présent rapport.

Le choix de ce référentiel provient de sa capacité à couvrir l'ensemble des sources et des substances considérées dans les inventaires que la France doit communiquer aux différentes organisations internationales. Ce référentiel permet également de suivre la stratégie de système d'inventaire unique qui est recommandé et s'avère plus efficient.

Bien que ne prétendant pas à l'exhaustivité, la SNAP 97c présente une liste détaillée d'activités (près de 400 items pour la résolution la plus fine). Quelques items, "autres" permettent d'inclure le cas échéant des activités supplémentaires (activités omises ou plus généralement négligées du fait de leurs très faibles contributions).

Dans le cas des activités mettant en œuvre une combustion, la définition de l'activité émettrice est généralement affinée en distinguant les différents combustibles utilisés. La nomenclature correspondante baptisée NAPFUE (Nomenclature for Air Pollution of FUEls) prévoit une soixantaine de types de combustibles différents. Cette nomenclature a également fait l'objet d'extensions pour tenir compte de certains produits non initialement inclus.

Le système utilisé prévoit une décomposition de chaque activité le cas échéant. Cette opportunité est utilisée, par exemple, pour différencier certains procédés, apprécier des tailles d'équipements, etc. Pour ce faire, des rubriques peuvent être ajoutées à l'activité lors de la construction de l'inventaire.

La combinaison de ces trois composantes (activité, combustible, rubrique) constitue l'ensemble des activités émettrices élémentaires qui peut donc potentiellement comporter plusieurs milliers d'éléments selon les substances et le degré de résolution retenu pour l'inventaire considéré. Actuellement, pour les inventaires relatifs à la France, il est dénombré de l'ordre de 1000 activités élémentaires.

### *Référentiel de restitution des inventaires*

Les résultats des inventaires sont tenus d'être présentés conformément aux exigences des demandeurs. Contrairement à la nomenclature d'élaboration qui est unique, les nomenclatures de restitution sont multiples car adaptées à des besoins particuliers selon les substances, les périmètres, l'analyse souhaitée des sources, etc.

Sur le plan international, la CEE-NU et la CCNUCC ont défini respectivement les formats de restitution NFR et CRF qui sont très proches et compatibles à quelques détails près en termes de périmètre. Ils diffèrent par le niveau de détail au sein de certains sous-ensembles. Il existe d'autres formats utilisés pour les Grandes Installations de Combustion (GIC) et des applications nationales (SECTEN) notamment.

**Le présent rapport produit les résultats, selon le NFR, conformément aux règles fixées par la CEE-NU.**

## Types de sources

Plusieurs catégories de sources de rejets atmosphériques sont considérées par la méthodologie d'inventaire. Toutefois, selon les cas et les inventaires, ces catégories peuvent exister ou non.

- Sources linéaires (LIN)

Elles sont essentiellement constituées par les principaux axes de communication (routier, fluvial, maritime, etc.). Elles sont donc le plus souvent relatives aux sources mobiles et occasionnellement aux sources fixes (gazoduc, oléoduc, etc.). Dans le présent inventaire, les sources linéaires sont assimilées à des sources surfaciques.

- Grandes Sources Ponctuelles (GSP)

Il s'agit des sources fixes canalisées ou diffuses dont les rejets potentiels ou effectifs dans l'atmosphère excèdent certains seuils.

Ces seuils constituent une spécification propre à chaque inventaire et résultent de multiples paramètres (objectifs de l'inventaire, zone étudiée, substances considérées, ressources et délai consacrés à l'inventaire). Au cours de l'élaboration du présent inventaire, plusieurs centaines de grandes sources ponctuelles sont étudiées sur la base de données spécifiques.

- Sources surfaciques (SUR)

Cette catégorie couvre le solde des sources, constitué par les sources fixes non incluses dans la catégorie des Grandes Sources Ponctuelles d'une part et les sources mobiles en particulier la circulation urbaine d'autre part.

Cette classification vise à renforcer la fiabilité des estimations et procure des informations plus appropriées à certains besoins (par exemple la modélisation de la qualité de l'air). En effet, pour certaines substances comme le SO<sub>2</sub>, on observe qu'une part importante des émissions provient d'un nombre limité de sources. C'est pourquoi, la méthodologie suivie pour la réalisation de certains inventaires est basée sur une approche individualisée des Grandes Sources Ponctuelles et/ou Linéaires.

## Couverture et résolution spatiale

Cette spécification varie d'un inventaire à l'autre. Dans le cas de la France il convient de distinguer au moins trois cas différents obtenus par combinaison des entités « Métropole », « Territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE » et « Territoires d'Outre-mer non inclus dans l'UE » (voir section 1.1.1) selon la couverture géographique propre à chaque inventaire.

La résolution spatiale porte généralement :

- D'une part, globalement sur la France métropolitaine et, dans certains cas, l'Outre-mer pour satisfaire les demandes annuelles générales,
- D'autre part, sur une résolution correspondant à des entités administratives plus petites (régions, départements, arrondissements, unités urbaines, zones de 50 x 50 km<sup>2</sup> voire moins, etc.).

Dans le présent inventaire relatif à la CEE-NU, l'Outre-mer n'est pas incluse.

## Etendue et résolution temporelle, périodicité

Sauf cas particulier (ex : COVNM biotiques), les inventaires sont établis sur la base d'une année civile sans distinction de périodes particulières (saison, semaine, etc.). Des profils temporels sont parfois disponibles pour évaluer la répartition des émissions dans le temps. Les inventaires globaux sans résolution spatiale particulière sont réalisés tous les ans, tandis que les inventaires de résolution spatiale plus élevée le sont moins fréquemment (par exemple les inventaires spatialisés par grille EMEP<sup>4</sup> à réaliser à partir de 2017 tous les 4 ans).

<sup>4</sup> European Monitoring and Evaluation Programme



## 1.4 Généralités sur les méthodes et les sources de données utilisées

### 1.4 Methods and data sources

#### Principes méthodologiques

Les émissions sont estimées pour chacune des activités émettrices élémentaires retenues pour l'inventaire en considérant séparément s'il y a lieu les différentes catégories de sources (surfaciques, grandes sources ponctuelles et grandes sources linéaires).

Les émissions d'une activité donnée sont exprimées par la formule générale et schématique suivante :

$$E_{s,a,t} = A_{a,t} \times F_{s,a} \quad (1)$$

avec E : émission relative à la substance "s" et à l'activité "a" pendant le temps "t"

A : quantité d'activité relative à l'activité "a" pendant le temps "t"

F : facteur d'émission relatif à la substance "s" et à l'activité "a".

Pour l'ensemble des activités, les émissions totales sont exprimées par la formule suivante :

$$E_{s,t} = \sum_{a=1}^{a=n} E_{s,a,t}$$

avec n : nombre d'activités émettrices prises en compte.

Il est évident que si la valeur de n diffère d'un inventaire à un autre (ce qui est souvent le cas puisque les substances et les périmètres varient d'un inventaire à l'autre), les émissions totales peuvent ne plus être comparables (inventaires à champs différents) et les contributions relatives des sources, varier.

Les termes  $A_{a,t}$  et  $F_{s,a}$  dans la formule (1) sont en fait déterminés pour des combinaisons plus fines de l'activité associant de manière générale une opération, une technologie et un produit.

#### Exemples :

- Fabriquer de la chaleur au moyen d'une chaudière de 50 MW équipée d'un brûleur bas  $\text{NO}_x$  fonctionnant au fioul lourd,
- Se déplacer en voiture particulière équipée d'un moteur à essence de 2 l de cylindrée.

Cette description est illustrée plus finement par la formule ci-après pour une substance, un intervalle de temps et une entité géographique donnés.

$$E_{s,t,z} = \sum_{a,i,f} \left[ A_{a,i,f,t,z} \times \sum_p \left[ F_{s,a,i,f,p} \times P_{a,i,f,p} \right] \right] \quad (2)$$

avec :

A : quantité d'activité,

F : facteur d'émission,

P : fraction de secteur, d'activité, de combustible et de procédé,

a : indice relatif au type de source,

- f : indice relatif au type de combustible,
- i : indice relatif au secteur économique,
- p : indice relatif au procédé,
- s : indice relatif à la substance,
- t : indice relatif à l'intervalle de temps,
- z : indice relatif à l'entité géographique.

Dans certains cas, les émissions présentent des relations complexes avec de nombreux paramètres caractéristiques et il est alors nécessaire de recourir à des modèles spécifiques pour obtenir une bonne représentation des phénomènes. C'est le cas du trafic routier, des émissions biotiques, etc.

In fine, il sera toujours possible de revenir à une expression de la forme de l'équation (1) en rapportant les émissions à un seul paramètre relatif à l'activité. Cette représentation d'une simplicité extrême, qui masque la structure réelle et éventuellement complexe des émissions de l'activité, peut conduire à des interprétations erronées.

Les Grandes Sources (Ponctuelles et Linéaires) sont étudiées individuellement ; les émissions de certaines substances sont mesurées en permanence ou à intervalles réguliers sur certaines installations. D'autres méthodes telles que des corrélations entre les paramètres caractéristiques d'un procédé et les émissions, ainsi que des bilans, permettent d'estimer les rejets spécifiques de la source considérée pour certaines substances. Les formules (1) et (2) ne sont alors utilisées qu'en tout ou partie.

Pour certaines substances (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, etc.), une part importante des émissions est liée à l'utilisation de l'énergie.

Pour l'application de la formule (2), on peut expliciter les rejets en exprimant les émissions totales d'une source comme étant égales à la somme de deux émissions distinctes (en pratique, réelles ou virtuelles selon les cas).

$$E = E_1 + E_2$$

avec :

$E_1$  : émission liée à la combustion d'énergie fossile et de biomasse,

$E_2$  : émission liée à d'autres phénomènes se rapportant à l'emploi de matières premières, à des réactions, à des opérations diverses (évaporation, broyage, réaction chimique, etc.).

Selon les valeurs prises respectivement par  $E_1$  et  $E_2$ , six cas sont à considérer (voir figure 2) :

$E_1 = 0$  et  $E_2 < 0$       procédé constituant un puits (émission négative, comme la photosynthèse pour le CO<sub>2</sub>).

$E_1 > 0$  et  $E_2 < 0$       procédé avec combustion et rétention. L'ensemble peut être positif ou négatif selon les cas.

- $E_1 = E_2 = 0$  procédé ne contribuant pas à la pollution atmosphérique ou dont la contribution est négligeable.
- $E_1 = 0$  et  $E_2 > 0$  procédé sans rapport avec l'utilisation de l'énergie ; les émissions proviennent de réactions chimiques, d'actions mécaniques comme le broyage, d'évaporations de produits, etc.
- $E_1 > 0$  et  $E_2 = 0$  combustion dans des procédés où il n'y a pas contact entre la flamme ou les produits de combustion et un produit tiers (e.g. combustion sous chaudière, moteurs, etc.).
- $E_1$  et  $E_2 > 0$  procédé impliquant une combustion associée à d'autres phénomènes, notamment ceux où il y a contact entre une matière première ou un produit et une flamme ou les produits de la combustion (par exemple dans les fours).

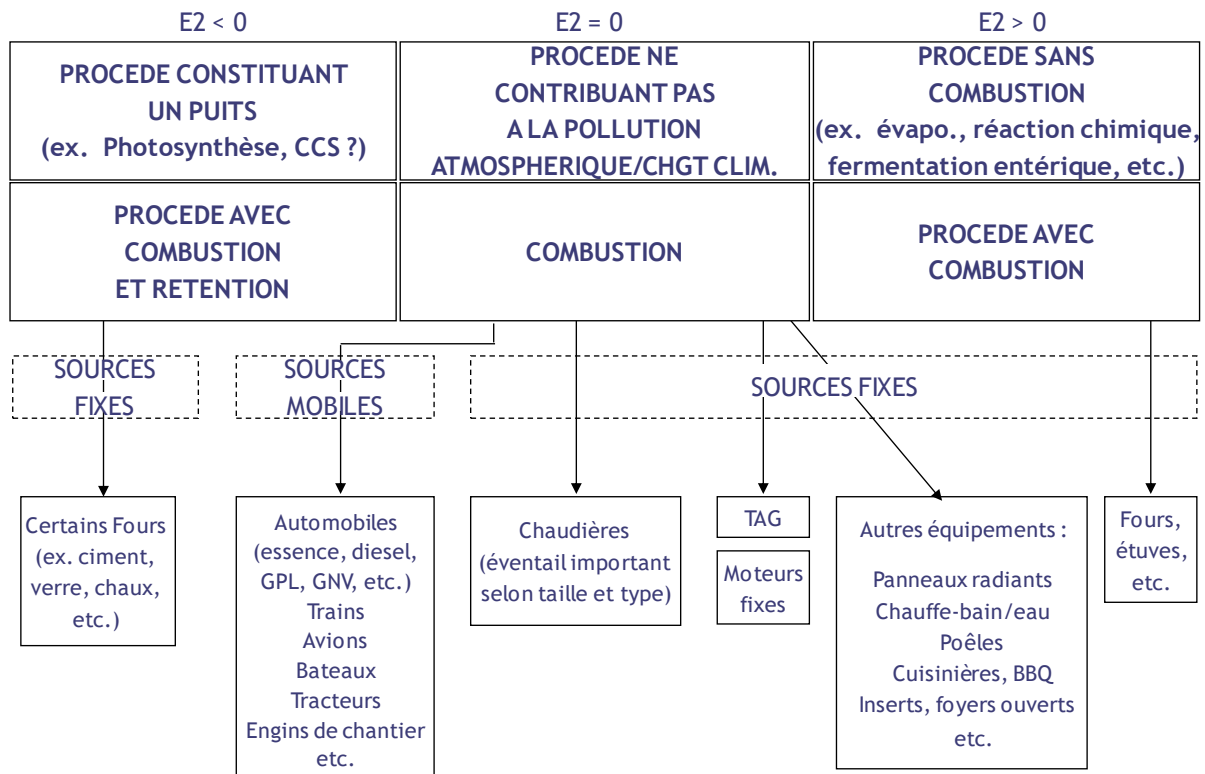
Des différenciations plus fines conduisent à une caractérisation de certaines sources (cf. fig. 1).

La formule (2) s'applique, en principe, à toute entité géographique z.

L'accessibilité à la quantité d'activité  $A_{a,i,f,t}$  est d'autant plus difficile que la zone géographique est restreinte : le plus souvent l'information recherchée n'existe pas à un niveau fin ou est confidentielle.

Il y a lieu de remarquer que la quantité d'informations à collecter et à gérer ainsi que l'incertitude relative à l'information élémentaire augmentent considérablement avec la résolution spatio-temporelle.

Figure 2 : Typologie des sources au regard de l'utilisation de l'énergie



## 1.5 Descriptif de l'analyse en catégories clés

### 1.5 Key Categories

Cette section présente l'analyse des catégories clés en 2022 pour chacun des polluants de la CEE-NU ainsi que pour l'indicateur acide équivalent<sup>5</sup>. La détermination de la sectorisation a été établie d'après les recommandations du GIEC dont s'inspirent les lignes directrices du guide EMEP.

#### Catégories clés en niveau d'émission

Sont considérés en catégories clés les secteurs les plus émetteurs dont les émissions cumulées correspondent à plus de 80% des émissions d'un polluant sur le territoire.

L'analyse des tableaux présentés ci-après et en Annexe 1 montre que le nombre de catégories clés est variable en fonction des polluants : de 10 pour le SO<sub>2</sub> par exemple, à seulement 2 pour les HAP. Ce nombre, parfois faible, est inhérent, d'une part, au choix de la sectorisation (le format NFR ne faisant pas apparaître la nature des combustibles par exemple) et, d'autre part, au fait que certains polluants sont fortement spécifiques d'un secteur (le NH<sub>3</sub> par exemple provient principalement du secteur agricole).

Il y a lieu de noter également qu'il n'est pas possible de définir un indicateur global, à l'instar de ce qui est fait pour les gaz à effet de serre avec le pouvoir de réchauffement global, qui permettrait la comparaison des catégories tous polluants confondus. En conséquence, il n'existe pas un unique secteur responsable des niveaux d'émissions des différents polluants et l'analyse des catégories clés n'est donc pertinente qu'en référence à un polluant donné ou à un groupe de polluants avec par exemple, l'indicateur acide équivalent (cf. annexe 1). Une présentation synthétique de ces tableaux d'analyse fait apparaître les sources principales de polluants :

La catégorie **NFR1** (Secteur Energie) apparait fréquemment en sources-clés. Elle est largement représentée :

- pour certains composés acidifiant / photochimique : NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub>,
- pour la plupart des métaux lourds,
- et pour les POP : PCB, PCDD/F, HAP.

**NB :** pour quelques secteurs d'activités industriels, les déclarations annuelles d'émissions des sites producteurs sont directement prises en compte, mais celles-ci ne distinguent pas les émissions liées à la combustion de celles liées au procédé industriel. Par conséquent, l'ensemble de ces émissions sont rapportées sans distinction dans le secteur combustion de l'industrie (i.e. en énergie, au lieu de les répartir en partie en énergie et en partie en procédé).

Le **transport routier (NFR 1A3b)** se distingue parmi la catégorie NFR1 comme 1<sup>e</sup> ou 2<sup>e</sup> contributeur de nombreux polluants (NO<sub>x</sub> ; Pb ; As ; Cr ; Cu ; Zn). En particulier, les émissions de cuivre trouvent leur origine non pas du fait de la combustion ou de procédés de production mais principalement du fait des phénomènes d'usures à la fois dans le cas des transports routiers (plaquettes de frein) et des transports ferroviaires (caténaires).

Le **résidentiel (NFR 1A4b)** est à l'origine d'importantes émissions dues, entre autres, à l'utilisation de la biomasse comme combustible pour ce qui est :

- des particules (de 13,2% à 57,5% des émissions nationales suivant la granulométrie),
- du *black carbon* (53,6% des émissions nationales),
- des PCDD-F (20,6% des émissions nationales),

<sup>5</sup> L'indicateur acide équivalent est basé sur la mobilisation potentielle de l'ion H<sup>+</sup> dans les composés dérivés de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et NH<sub>3</sub> (contributeurs majeurs à l'acidification). La participation de chacune de ces substances est pondérée par la part en masse des ions H<sup>+</sup>, soit 0,0313 pour SO<sub>2</sub>, 0,0217 pour NO<sub>x</sub> et 0,058 pour NH<sub>3</sub>.

- des HAP (79,4% des émissions nationales),
- des PCB (26,1% des émissions nationales),
- de certains métaux lourds (As (24,5%) et Cr (21,2%) des émissions nationales),
- et du CO (pour 47,5% des émissions nationales).

La catégorie **Procédés industriels (NFR 2)**, est à l'origine d'importantes émissions :

- de particules (de 12% à 23% des émissions nationales suivant la granulométrie),
- des COVNM (38% des émissions nationales)
- du SO<sub>2</sub> (9,2% des émissions nationales)
- des PCB (30% des émissions nationales),
- de certains métaux lourds (Cd (27%), Zn (15%), Cu (23%), Cr (11%) et Ni (20%) des émissions nationales),
- et du CO (pour 15% des émissions nationales).

Concernant l'**agriculture (NFR 3)**, elle est de très loin la source contribuant majoritairement aux émissions d'ammoniac puisque, par deux de ses sous-secteurs (gestion des déjections animales et sols agricoles), elle représente 94% des émissions nationales en 2022. Ces émissions importantes de NH<sub>3</sub> expliquent également pourquoi l'agriculture est mise en avant dans le tableau relatif à l'indicateur acide équivalent. Ces deux sous-secteurs arrivent également en tête en ce qui concerne les émissions de COVNM, représentant 39% des émissions nationales en 2022. Par ailleurs, le travail des sols (labour) est la première source d'émissions de TSP avec 55% des émissions nationales en 2022. Le sous-secteur des sols agricoles est également catégorie clé pour les émissions de HCB en raison de l'application de pesticides, poste qui contribue à hauteur de 3,9% aux émissions nationales de HCB en 2022.

Au sein du secteur **Déchets (NFR 5)**, l'incinération en particulier impacte notablement les émissions de PCDD/F (46,5% des émissions nationales).

#### Catégories clés en évolution d'émissions

En plus de l'analyse des niveaux d'émissions, les tableaux en Annexe 1 fournissent les catégories clés par analyse des évolutions des émissions sur la période couverte par les différents protocoles (l'année de référence étant 1980 pour NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub> et NH<sub>3</sub>, 1988 pour COVNM et 1990 pour le reste des polluants, la dernière année de la période est 2022). Ces catégories clés ont été établies par utilisation de la méthodologie proposée dans le guide méthodologique des inventaires de polluants atmosphériques EMEP/EEA (chap.2).

INVENTAIRE DES EMISSIONS DANS L'AIR EN FRANCE - FORMAT CEE-NU

NFR		NOx	COVNM/ NMVOCs	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	PCDD/F	HAP / HAPs	HCB	PCB
1A1a	Public Electricity and Heat Production	6	-	3	-	-	-	-	-	-	-	2	5	-	-	4	-	6	-	-	1	3	-
1A1b	Petroleum refining	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
1A1c	Manufacture of Solid Fuels	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	-	-	2	-	-	-	-	3	2	2	5	4	-	-	8	3	-	-	-	-	-	5
1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-
1A2c	Stationary Combustion: Chemicals	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2d	Stationary Combustion: Pulp, Paper and Print	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2e	Stationary Combustion: Food Processing, etc.	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	5	-	1	-	-	-	-	-	4	3	1	3	3	-	1	1	-	-	-	-	-	4
1A2g	Other Combustion in manufacturing industries	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3a	Civil Aviation	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3b	Road Transport	1	-	-	2	4	-	2	4	1	7	3	1	1	1	3	-	1	3	2	-	-	-
1A3c	Railways	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3d	Navigation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3e	Other Transport	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A4a	Commercial / Institutional	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A4b	Residential	4	4	4	-	1	1	3	1	1	3	5	7	2	2	-	5	2	2	2	1	-	2
1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A5a	Other, Stationary	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A5b	Other, Mobile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B1a	Coal Mining and Handling	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B1b	Solid fuel transformation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
1B1c	Other fugitive emissions from solid fuels	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2a	Fugitive emission from liquid Fuels (Oil)	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2b	Fugitive emissions from natural gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2c	Venting and flaring	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2d	Other fugitive emissions from energy production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A1	Cement Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A2	Lime Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A3	Glass production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A5	Quarrying and mining / Construction...	-	-	-	3	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A6	Other Mineral products	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B1	Ammonia Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B2	Nitric Acid Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B3	Adipic Acid Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B5	Carbide Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B6	Titanium dioxide production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B7	Soda Ash Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B10	Other chemical Industry	-	-	-	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C	Metal Production	-	-	5	-	-	-	2	-	4	6	-	6	-	7	-	5	-	-	3	1	-	-
2D3a	Domestic solvent use including fungicides	-	3	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3b	Road paving with asphalt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3c	Asphalt Roofing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3d	Coating application	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3e	Degreasing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3f	Dry cleaning	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3g	Chemical products	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3h	Printing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3i	Other solvent use	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2G	Other product use	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	2	2	4	3	-	-	-	-	-	-	-
2H1	Pulp and Paper industry	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2H2	Food and beverages industry	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2H3	Other industrial processes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2I	Wood processing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2J	Production of POPs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2K	Consumption of POPs and Heavy Metals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2L	Other production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3B	Manure Management	-	1	-	2	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3D	Agricultural Soils	2	2	-	1	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3F	Field Burning of Agricultural Wastes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3I	Agriculture other	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5A	Solid waste disposal on land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5B	Other Biological treatment of waste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5C	Waste Incineration	-	-	-	-	-	3	-	-	9	4	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-
5D	Waste-water Handling	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5E	Other waste	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
6	Other	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figure 3 : Rangs par polluant des catégories clés en niveau d'émissions en 2022

INVENTAIRE DES EMISSIONS DANS L'AIR EN FRANCE - FORMAT CEE-NU

NFR		NOx	COVNMV/ANNOCs	SO2	NH3	PM2.5	PM10	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	PCDD/F	HAP / HAPs	KCB	PCB
1A1a	Public Electricity and Heat Production	2	-	1	-	-	-	-	-	-	3	1	5	-	5	3	4	-	1	-	-	-	2
1A1b	Petroleum refining	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5	-	-	-	-	-	-
1A1c	Manufacture of Solid Fuels	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	3	-	3	-	3	-	-	-	-
1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	4	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-
1A2c	Stationary Combustion: Chemicals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
1A2d	Stationary Combustion: Pulp, Paper and Print	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2e	Stationary Combustion: Food Processing, etc.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1A2g	Other Combustion in manufacturing industries	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-
1A3a	Civil Aviation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3b	Road Transport	1	1	5	-	2	2	3	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
1A3c	Railways	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3d	Navigation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3e	Other Transport	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A4a	Commercial / Institutional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
1A4b	Residential	-	2	4	-	1	1	1	2	2	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-
1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	4	-	-	-	4	6	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A5a	Other, Stationary	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A5b	Other, Mobile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B1a	Coal Mining and Handling	-	-	-	-	3	3	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B1b	Solid fuel transformation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
1B1c	Other fugitive emissions from solid fuels	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2a	Fugitive emission from liquid Fuels (Oil)	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2b	Fugitive emissions from natural gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2c	Venting and flaring	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2d	Other fugitive emissions from energy production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A1	Cement Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A2	Lime Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A3	Glass production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A5	Quarrying and mining / Construction...	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A6	Other Mineral products	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B1	Ammonia Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B2	Nitric Acid Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B3	Adipic Acid Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B5	Carbide Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B6	Titanium dioxide production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B7	Soda Ash Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2B10	Other chemical Industry	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C	Metal Production	-	-	-	-	4	5	-	3	-	2	-	2	1	4	1	-	1	-	-	-	-	-
2D3a	Domestic solvent use including fungicides	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3b	Road paving with asphalt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3c	Asphalt Roofing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3d	Coating application	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3e	Degreasing	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3f	Dry cleaning	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3g	Chemical products	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3h	Printing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D3i	Other solvent use	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2G	Other product use	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	6	-	-	-	-	-
2H1	Pulp and Paper industry	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2H2	Food and beverages industry	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2H3	Other industrial processes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2I	Wood processing	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2J	Production of POPs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2K	Consumption of POPs and Heavy Metals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2L	Other production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3B	Manure Management	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3D	Agricultural Soils	-	-	-	2	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3F	Field Burning of Agricultural Wastes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
3I	Agriculture other	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5A	Solid waste disposal on land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5B	Other Biological treatment of waste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5C	Waste Incineration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1
5D	Waste-water Handling	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5E	Other waste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Other	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figure 4 : Rangs par polluant des catégories clés en évolution d'émissions en 2022

## 1.6 Contrôle et assurance qualité

### 1.6 QA/QC and Verification methods

L'élaboration d'un inventaire d'émission est une tâche complexe au regard :

- Du nombre important de données à manipuler,
- De la grande diversité quantitative et qualitative des sources d'information,
- Des méthodologies à mettre en œuvre pour quantifier au mieux chaque activité émettrice,
- De la nécessité de fournir des informations aussi pertinentes et exactes que possible tout en respectant les contraintes de ressources et de respect des échéances,
- De la garantie du respect de qualités fondamentales attachées aux inventaires (cohérence, exhaustivité, traçabilité, etc.).

Un dispositif de contrôle et d'assurance de la qualité est indispensable pour accomplir de manière satisfaisante cette tâche.

### 1.6.1 Management de la qualité

#### 1.6.1 Quality management

*English translation of this part in OMINEA general QA/QC section*

Le système national d'inventaire d'émission est établi en intégrant les critères usuels applicables aux **Systèmes de Management de la Qualité (SMQ)**. Le Citepa, qui a la charge de réaliser sur le plan technique les inventaires d'émission nationaux, a mis en place un tel système basé sur le référentiel **ISO 9001**. Cette disposition est confirmée par l'attribution d'un certificat délivré par l'AFAQ en 2004 et renouvelé en 2007, 2010, 2013, 2016, 2018 et 2021 ainsi que par les audits annuels de suivi. La réalisation des inventaires d'émission nationaux est couverte par le SMQ au travers de plusieurs processus spécifiques (voir Manuel Qualité - document interne non public).

Dans ce cadre, plusieurs processus relatifs au contrôle et à l'assurance de la qualité des inventaires sont intégrés dans les différents processus et procédures mis en œuvre, correspondant aux différentes phases et actions relatives aux points suivants :

- Fonctions générales de revue, de management des ressources, de planification, de veille et de participations à des travaux externes en rapport avec les inventaires d'émission.
- Choix, mise en œuvre et développement des méthodologies ainsi que la sélection des sources d'information et la collecte des données. Les processus de choix des méthodes sont clairement établis notamment vis-à-vis des cadres référentiels et des caractéristiques de pertinence et de pérennité attendues des sources de données. Ces choix sont généralement effectués en concertation avec les acteurs et experts des domaines concernés. Les modifications méthodologiques sont soumises à l'appréciation du Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission (GCIIE).
- Développement des procédures de calcul notamment des modèles de calcul des émissions, des bases de données, de rapportage.
- Recherche d'un niveau élevé de traçabilité et de transparence.
- Mise en œuvre et enregistrement de contrôles relatifs aux étapes importantes et à risques de la réalisation de l'inventaire, à travers de multiples contrôles internes, tant sur les données d'entrée que sur les calculs, les bases de données, les rapports, l'archivage des données, le suivi des modifications (corrections d'erreurs ou améliorations) et les non-conformités. Plusieurs outils destinés à accompagner ces contrôles ont été développés.
- Validation et approbation des résultats des inventaires, suite à l'avis formulé par le Groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émission (GCIIE).
- Validation et approbation des rapports et autres supports d'information par le Ministère chargé de l'environnement.
- Archivage systématique des éléments nécessaires pour assurer la traçabilité requise.



- Diffusion des informations et produits correspondants.
- Compatibilité avec les exigences communautaires en matière de communication des données et des caractéristiques des inventaires d'émission nécessaires à la Commission Européenne. En particulier, afin de lui permettre de préparer les inventaires de l'Union Européenne sur la base des inventaires des Etats membres et contribuer notamment à l'atteinte des exigences relatives à la qualité que la Commission met en œuvre à son niveau (i.e. en ce qui concerne les gaz à effet de serre dont la surveillance est soumise à des dispositions réglementaires particulières).
- Amélioration permanente de la qualité des estimations en développant les procédures pour éviter d'éventuelles erreurs systématiques, réduire les incertitudes associées, couvrir plus complètement les substances et les sources émettrices, etc. visant à satisfaire les objectifs relatifs à la qualité. Un plan d'action est défini et mis régulièrement à jour. Il intègre les améliorations requises et possibles en tenant compte des recommandations du GCIIE.
- Evaluation de la mise en œuvre des dispositions relatives au contrôle et à l'assurance de la qualité, en particulier les objectifs et le plan qualité.

## 1.6.2 Objectifs qualité

### 1.6.2 Quality objectives

*English translation of this part in OMINEA general & QA/QC sections*

L'objectif global du programme d'assurance et de contrôle de la qualité porte sur la réalisation des inventaires nationaux d'émissions et de puits, conformément aux exigences formulées dans les différents cadres nationaux et internationaux couverts par le SNIEBA. Ces exigences portent sur la définition, la mise en œuvre et l'application de procédures et de méthodes visant à satisfaire les critères de traçabilité, d'exhaustivité, de cohérence, de comparabilité et de ponctualité requis notamment par les instances internationales et européennes en application des engagements souscrits par la France.

En particulier, cet objectif global se décline en sous éléments :

- Préparation des rapports (notamment rapports nationaux d'inventaires pour certains protocoles et directives européennes) conformément aux critères de contenu et de forme éventuellement exigés (en particulier analyses de tendance, incertitudes, contrôle et assurance de la qualité, système national d'inventaire, méthodes utilisées, etc.).
- Fourniture des données sectorielles de base requises dans les formats de rapports définis (CRF, NFR, GIC, etc.) et en particulier : explications additionnelles, utilisation des codes de notes définis, modifications introduites dans le dernier exercice, ajustements rétrospectifs, données spécifiques (en particulier pour l'UTCATF en application des articles 3.3 et 3.4 du protocole de Kyoto), etc.
- Développement des procédures appropriées pour le choix des méthodes et des référentiels, la collecte, le traitement, la validation des données ainsi que leur archivage et leur sauvegarde.
- Détermination des incertitudes quantitatives attachées aux estimations.
- Recherche et élimination des incohérences.
- Développement des procédures d'assurance qualité.
- Contribution à l'amélioration continue des inventaires par :
  - La recherche et la mise en œuvre de méthodes et/ou données plus pertinentes et précises,
  - La formulation de recommandations auprès des divers organismes impliqués dans le système national d'inventaires d'émission, voire d'autres organismes y compris internationaux,
  - La participation aux travaux internationaux sur les thèmes en rapport avec les inventaires d'émissions et les puits,
  - La coopération avec d'autres pays sur ces mêmes aspects,
  - Le respect des échéances communautaires et internationales de communication des inventaires d'émission,

- La recherche d'une efficacité dans les travaux réalisés (pertinence, précision, mise en œuvre des méthodes vs. moyens, etc.) visant à satisfaire les besoins de détermination des émissions et des puits.

### 1.6.3 Contrôle de la qualité

#### 1.6.3 Quality control

*English translation of this part in OMINEA general QA/QC section*

Le contrôle de la qualité est intégré dans les différentes phases des processus et procédures développées par les organismes impliqués dans le système national pour ce qui concerne les éléments dont ils ont la charge afin d'atteindre les objectifs définis.

Le Citepa, organisme responsable de la coordination technique et de la compilation des inventaires est chargé du suivi du contrôle qualité et formule des recommandations visant à améliorer, compléter, développer les processus et procédures nécessaires.

Ces procédures peuvent être automatiques ou manuelles, revêtir la forme de check-list, de tests de plausibilité, de cohérence et d'exhaustivité, d'analyses de tendances, de simulations, etc. Elles interviennent à plusieurs étapes de la réalisation de l'inventaire. Plus particulièrement certaines sont précisées ci-après :

- Données entrantes
  - Veille relative à la collecte des données (démarches nécessaires, publication effective, relance, etc.),
  - Réception effective (délivrance, captation sur Internet, données effectivement présentes au Citepa),
  - Conformité du contenu au plan quantitatif (flux complet) et qualitatif (éventuelles observations quant à l'échantillonnage, au changement de périmètre, de méthodologie pouvant entraîner une rupture statistique, etc.),
  - Enregistrement et archivage des données brutes avant traitement.
- Traitement des données :

Il est principalement réalisé au travers de fiches de calcul dédiées chacune à une catégorie de sources émettrices (le SNIEBA en compte plus d'une centaine).

Ainsi chaque fiche de calcul sectorielle contient ses propres contrôles internes. Il s'agit notamment de tests internes visant à s'assurer des calculs (par exemple vérification de sous-totaux, affichage des tendances au niveau le plus fin des activités) et de la cohérence entre les valeurs calculées et les valeurs exportées vers le système de bases de données nationales. De même la documentation des sources et des hypothèses fait l'objet d'un soin particulier pour assurer la traçabilité.

- Contrôle et validation interne des résultats :

Avant d'être exportée vers ces bases de données, plusieurs étapes de contrôles complémentaires sont réalisées. Chaque fiche de calcul sectorielle est soumise par son auteur à un contrôle au moyen d'un outil spécialement développé à cette fin par le Citepa, appelé VESUVE<sup>6</sup>. Cet outil permet de vérifier la cohérence entre les facteurs d'émission, les activités et les émissions.

Au sein de chaque fiche de calcul, un onglet spécifique est inséré, assurant l'affichage graphique des tendances des activités et des émissions de tous les polluants pour l'édition précédente et celle en

<sup>6</sup> VESUVE : VErification et SUivi des fiches de l'inVEntaire

cours de l'inventaire. Les évolutions observées entre les deux éditions sont systématiquement analysées et commentées par l'auteur de la fiche de calcul.

Chaque fiche de calcul sectorielle est ensuite soumise, au minimum, à la vérification par une tierce personne et par une seconde hiérarchiquement plus haut placée dans le cas de modifications méthodologiques. Le contrôle effectué porte entre autres points sur la cohérence et la transparence de la méthode, le référencement des données utilisées, le traitement des éventuelles non-conformités ou améliorations programmées (cf. application RISQ au paragraphe 1.6.4 ci-après) et l'enregistrement des vérifications effectuées avec VESUVE ainsi qu'avec l'onglet de comparaison entre éditions.

La représentativité des informations (définition, domaine, pertinence, exactitude, etc.), la pertinence et la conformité des méthodes, l'adéquation des outils de traitement et des formats de communication sont notamment concernés.

Une étape supplémentaire de contrôle vient s'ajouter lors de la compilation des éléments descriptifs méthodologiques au cours de laquelle un nouveau passage en revue des évolutions des méthodes et des facteurs d'émission est opéré (justification des évolutions, explicitation des méthodes, référencement des sources, etc.). Par ailleurs, la compilation finale du rapport d'inventaire permet un contrôle d'ensemble sur les résultats.

Etant donné la quantité considérable de données collectées et traitées dans les différents domaines concernés, il convient d'examiner la documentation correspondante de chacun des organismes impliqués. En particulier, il y a lieu de noter les procédures relatives aux processus de gestion de la qualité mises en place par le Citepa à cet effet (le Citepa a reçu la certification ISO 9001) pour la réalisation des inventaires d'émission.

En ce qui concerne la compilation des inventaires, la quasi-totalité des dispositions générales (de rang 1) décrites dans les Bonnes Pratiques du GIEC sont appliquées. Les dispositions spécifiques à certaines catégories de sources (de rang 2) sont mises en œuvre au cas par cas principalement dans les secteurs « industrie » et « transports » et, dans une moindre mesure, dans les autres secteurs. En particulier, l'accès et l'utilisation de données relatives à des sources individuelles ou des sous-ensembles très fins de sources débouchent sur l'application de procédures spécifiques. Le SMQ s'attache particulièrement :

- A assurer la disponibilité de la documentation utilisée pour les inventaires d'émission,
- Au classement et à l'archivage de toutes les données et informations considérées pour chaque inventaire,
- A préserver l'éventuelle confidentialité de certaines données.

#### 1.6.4 Assurance de la qualité

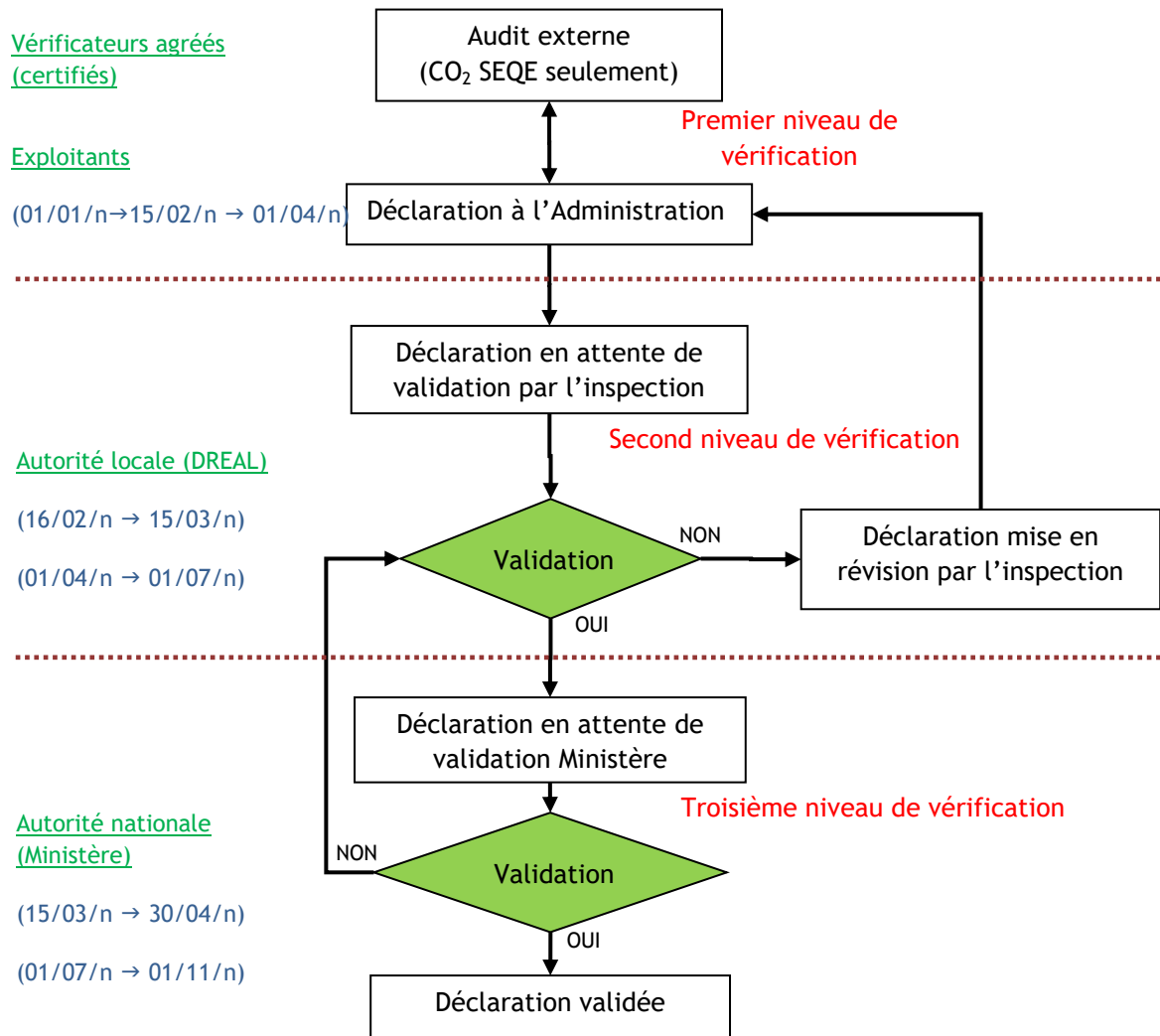
#### 1.6.4 Quality assurance

*English translation of this part in OMINEA general QA/QC section*

Elle est assurée au travers de plusieurs dispositions visant à soumettre les inventaires à des revues et recueillir les commentaires et évaluations de publics disposant généralement d'une expertise appropriée. Plus particulièrement, les actions suivantes dont certaines sont intégrées dans le système d'inventaire et par suite dans le SMQ, sont effectives :

- Les commentaires des membres du Groupe de coordination et d'information sur les inventaires d'émission (GCIIE) qui disposent en outre de leurs propres données de recoupement des éléments méthodologiques.

- Les évaluations des autorités locales (DREAL) pour ce qui concerne les données individuelles d'activité et/ou d'émission de polluants déclarées annuellement qui concernent plus de 10 000 installations dont la totalité des installations soumises au SEQE. A noter, que dans ce dernier cadre, le second niveau de vérification ne peut être franchi si le premier niveau de vérification n'est pas concluant.



- L'assurance qualité mise en œuvre par les entités statistiques chargées d'élaborer certaines données dans le cadre des agréments reçus par l'Administration (bilan énergie, productions, etc.). Cette assurance qualité est donc intégrée en amont de l'inventaire proprement dit.
- Les revues diligentées par le Secrétariat des Nations Unies de la Convention Cadre sur les Changements Climatiques depuis 2002 et tous les ans sauf exception (e.g. 2020). Ces revues donnent lieu à des rapports qui permettent d'introduire des améliorations. Bien que ces revues ne correspondent pas aux actions d'assurance qualité organisées par le pays, la nature et les résultats de ces revues sont totalement similaires à ce que produiraient des revues tierces organisées dans le cadre de l'assurance qualité du pays. De nombreuses améliorations introduites dans les inventaires de gaz à effet de serre proviennent de ces revues internationales.
- Les revues effectuées dans les différents cadres (CCNUCC, CEE-NU / LRTAP, CE / Mécanisme communautaire de surveillance des émissions de gaz à effet de serre, etc.) sont autant d'analyses d'experts qui participent chacune, vis-à-vis des autres cadres, à l'assurance qualité des inventaires d'émissions. A minima, ces analyses portent sur des éléments communs tels que les activités de certaines sources (e.g. l'énergie), mais aussi de divers autres aspects (organisation, incertitudes, etc.) du fait des éléments communs de rapportage et des fortes similarités entre ces exercices.

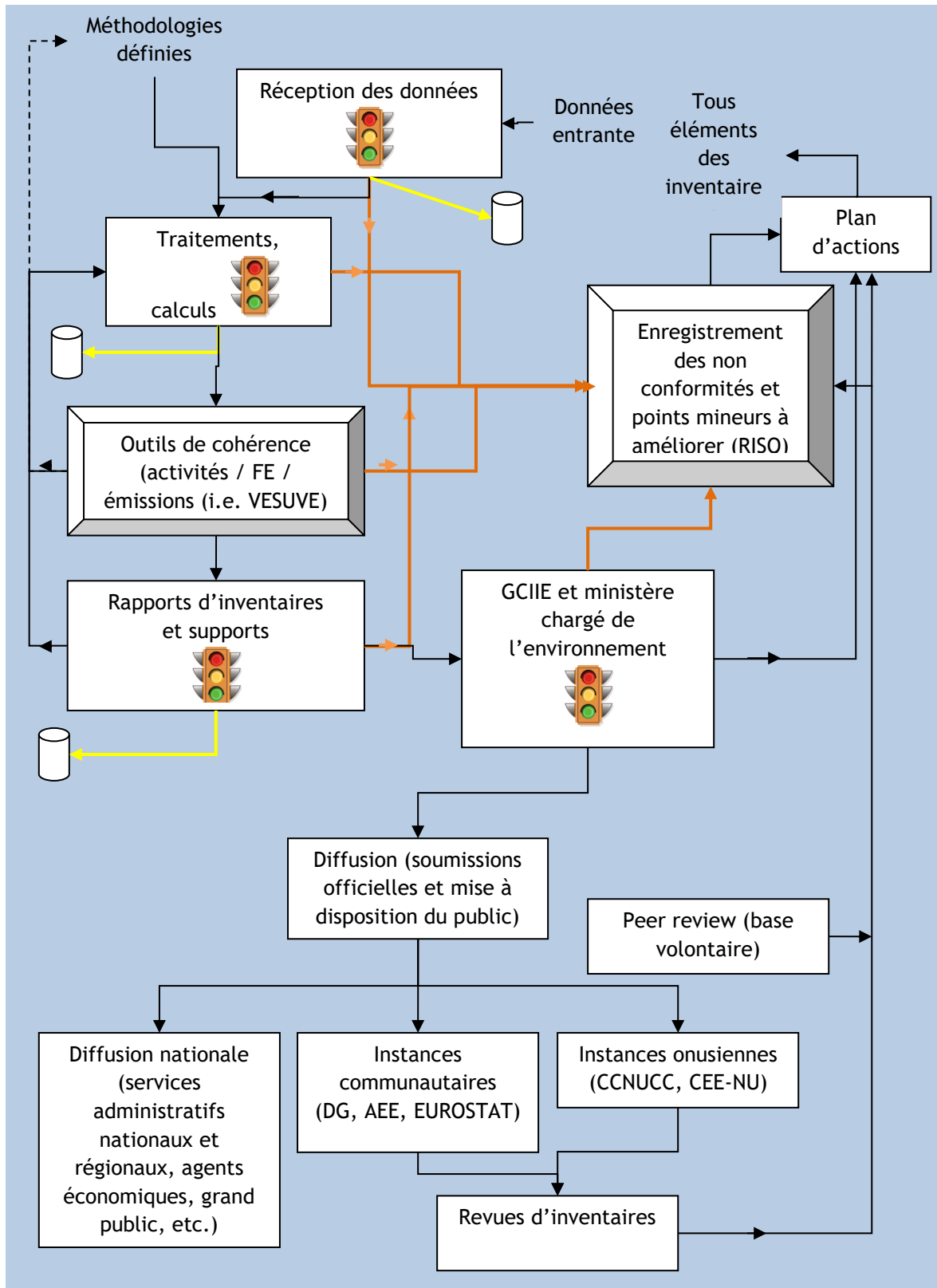
- Les examens ponctuels réalisés par diverses personnes ayant accès aux rapports d'inventaires disponibles au public ou faisant suite à des commentaires formulés par des tiers.
- Les échanges et actions bi et multi latérales conduites avec les organismes et experts étrangers chargés de réaliser des inventaires nationaux. La réalisation de revues complètes et approfondies par des tierces personnes se heurte à la double difficulté de la disponibilité des compétences et des ressources requises. Dans ce registre, des opérations bilatérales entre experts de deux pays, limitées à certains secteurs et/ou polluants, sont des formules qui associent intérêt et plus grande facilité de mise en œuvre. Une telle opération a été menée en juillet 2008 entre experts français et britanniques pour le secteur de l'agriculture et fin 2013/début 2014 entre experts français et allemands pour les émissions de gaz fluorés.

Les informations recueillies alimentent un outil dédié à l'enregistrement et au suivi de correction des non-conformités identifiées et des améliorations prévues, appelé RISQ<sup>7</sup>. Cet outil est systématiquement consulté par toutes les autrices et tous les auteurs de fiches de calcul et de rapports lors de leur mise à jour et la réalisation des actions prévues est consignée et contrôlée par leur vérificateur.

Ces informations contribuent à améliorer les éditions suivantes des inventaires selon l'impact de la modification vis-à-vis, d'une part, de l'écart engendré dans les estimations et, d'autre part, des ressources et du temps nécessaire pour disposer des données et/ou mettre en œuvre des méthodes alternatives.

---

<sup>7</sup> RISQ : Réseau Intégré du Système Qualité



## 1.6.5 Exemples de dispositions pratiques

### 1.6.5 Examples of practical actions

*English translation of this part in OMINEA general QA/QC section*

Quelques exemples (non exhaustifs) d'opérations réalisées sont fournis :

- Méthodologie et traitement des données :
  - Tout développement de traitement des données inclut des tests de vérification de l'exactitude des calculs,
  - Un calcul distinct de l'ordre de grandeur du résultat est effectué,
  - Des indicateurs de bouclage sont introduits dans la mesure du possible,
  - Enregistrement de toutes les méthodes utilisées, des hypothèses associées, des modifications survenues,
  - Analyse de l'impact des méthodes nouvelles ou modifiées.
- Données d'activité et d'émissions :
  - Veille sur la méthode d'élaboration des statistiques utilisées afin de déceler les éventuels biais susceptibles d'affecter l'information utilisée (périmètre, structure, continuité de série, etc.),
  - Prise en compte de données spécifiques à certaines sources, notamment les données qui proviennent de la mise en œuvre des dispositions relatives au système d'échange de quotas de gaz à effet de serre (cf. section « methodology introduction\_COM ») afin d'assurer une cohérence quasi totale,
  - Analyses de tendances, justification des écarts importants,
  - Test de présence, de plausibilité, de cohérence, etc.
- Non-conformités :
  - Les non-conformités décelées en interne ou signalées par des correspondants externes sont examinées (cause et effet), les procédures existantes sont corrigées, les actions correctrices (erratum) mises en place si nécessaire.
  - Les non-conformités sont enregistrées pour permettre la mise en place d'actions correctives.

## 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes

### 1.7 General uncertainty evaluation

L'évaluation des incertitudes et la validation des résultats de l'inventaire sont des sujets particulièrement complexes. Dans la plupart des cas, il est très difficile de déterminer précisément l'incertitude associée à une source donnée compte tenu de la complexité des phénomènes étudiés, de leur variabilité et des méthodes utilisées.

Le guide EMEP fournit une approche pour l'évaluation de ces incertitudes homogène avec les méthodologies présentées par le GIEC. En effet, ces questions ont fait l'objet de travaux dans le cadre de la convention sur les changements climatiques en vue de réduire ces incertitudes et, en tout état de cause, de les quantifier en suivant des règles de bonnes pratiques. En particulier, ces guides proposent deux méthodes de calcul : l'approche dite "Tier 1", simple à mettre en œuvre, et l'approche dite "Tier 2" de simulation numérique "Monte Carlo" permettant de tenir compte des interactions entre les divers paramètres définissant l'activité.

Pour les polluants, actuellement, seule la **méthode "Tier 1"** est appliquée, étant donné que la méthode de simulation numérique « Monte Carlo » nécessite à la fois une mise en œuvre informatique plus lourde et surtout nécessite des données d'incertitudes de base beaucoup plus importantes et détaillées qui font souvent défaut.

Les tableaux en Annexe 9 donnent les résultats de la quantification des incertitudes sur les niveaux d'émissions par source émettrices pour les polluants de la CEE-NU. Une analyse rapide montre une

**importante disparité des incertitudes suivant le polluant considéré** : de 14% pour les SO<sub>x</sub> à 148% pour les TSP (en passant par 74% pour les NO<sub>x</sub>, 41% pour le NH<sub>3</sub>, 52% pour les COVNM et 54% pour les CO, les métaux lourds et les POP étant, quant à eux, associés à des incertitudes comprises entre 29% et 217%). Hormis dans le cas du traitement des déchets, ces incertitudes sur les émissions sont portées avant tout par les incertitudes des facteurs d'émissions plutôt que par celles des activités. Les écarts observés sont interprétables comme résultant de modes d'estimation plus ou moins précis des émissions (bilan de masse, facteurs d'émission basés sur des mesures, ou tirés de la littérature), d'une préoccupation plus ou moins récente (induisant un nombre d'études plus ou moins conséquent) ou bien encore conséquence de paramètres difficilement appréciables de façon précise à un échelon national (structure de parcs des équipements par exemple).

D'autre part, tandis que pour certains polluants l'incertitude combinée est relativement homogène pour l'ensemble des sources, il n'en est pas de même pour d'autres, notamment les TSP, Zn, Cu et Pb. Il apparaît que les secteurs de l'agriculture (3D) et du transport (1A3) sont caractérisés par des incertitudes sur les facteurs d'émission des polluants cités relativement élevées au regard de celles des autres sources. De plus, l'agriculture étant le secteur qui contribue le plus aux émissions totales de TSP et le transport aux émissions totales de Zn, Cu et Pb, les incertitudes combinées en pourcentage des émissions totales restent ainsi élevées pour ces secteurs.

La méthode "Tier 1" permet également d'estimer l'incertitude sur l'évolution des émissions entre deux années (en particulier par rapport à l'année de référence, cf. annexe 9). Cette **incertitude sur l'évolution est plus faible** que celle sur le niveau d'émissions d'une année donnée. Cela s'explique par les fortes corrélations entre deux années dans l'élaboration des inventaires : mêmes méthodes d'estimations d'une année sur l'autre, mêmes erreurs systématiques ou approximations d'une année sur l'autre, etc. Ainsi, les différences observables sur les niveaux d'incertitudes d'évolution sont fortement réduites. Elles varient de seulement 0,2% pour le SO<sub>2</sub> à 13% pour le Zn, 31% pour les TSP et 33% pour le cuivre, la plupart des polluants se situant sous les 10%.

Les analyses croisées des incertitudes et des sources clés permettent d'identifier les substances/secteurs qui nécessitent des investigations prioritaires en vue d'améliorer la précision et la qualité des inventaires d'émissions.

## 1.8 Généralités sur l'évaluation de l'exhaustivité

### *1.8 General Assessment of Completeness*

La nomenclature NFR correspond à la Nomenclature de Formalisation des Résultats définie par la CEE-NU pour présenter les résultats d'émissions de façon standardisée. Ainsi, bien que l'inventaire d'émissions français soit établi en utilisant la nomenclature CORINAIR/SNAP, la formalisation finale des résultats d'émissions dans le cadre de la CEE-NU utilise la nomenclature NFR.

Les sections suivantes s'attachent à apporter des éléments d'explication sur certains points de correspondances entre la nomenclature d'élaboration et celle de restitution ou de cas particuliers vis-à-vis du rapportage NFR.

#### **Explication sur l'emploi des codes de notation**

Dans l'optique de faciliter l'évaluation de l'exhaustivité du traitement des sources suivant la sectorisation de la nomenclature NFR, des codes de notations standardisés au niveau international sont employés. Le tableau ci-dessous présente ces codes de notation et précise leur signification au sens des lignes directrices pour le rapportage des émissions. Dans le cas de l'inventaire français, aucun aménagement dans l'interprétation de ces codes n'a été effectué et les définitions officielles sont employées.



Tableau 5 : Définition des codes de notation

Code de notation	ECE/EB.AIR/125 Advanced version (Janvier 2015)	Commentaire
<b>NO</b> <i>Not occurring</i>	La source ou le procédé n'existe pas dans le pays.	Employé
<b>NE</b> <i>Not estimated</i>	Des émissions ont lieu, mais ne sont ni estimées ni rapportées.	Employé
<b>NA</b> <i>Not applicable</i>	La source existe mais les émissions d'un polluant donné sont considérées ne jamais avoir lieu.	Employé
<b>IE</b> <i>Included elsewhere</i>	Les émissions pour cette source sont estimées et incluses dans l'inventaire mais non rapportées de manière distincte. La catégorie dans laquelle est incluse la source d'émissions devrait être précisée.	Employé
<b>C</b> <i>Confidential information</i>	Les émissions sont agrégées et incluses ailleurs dans l'inventaire car au niveau désagrégé de rapportage l'information est confidentielle.	Employé en activité
<b>NR</b> <i>Not relevant</i>	D'après le paragraphe 9 des lignes directrices pour le rapportage des émissions, les inventaires d'émissions doivent couvrir toutes les années depuis 1980 si les données sont disponibles. Toutefois, "NR" (non requis) est introduit pour faciliter le rapportage des émissions dans les cas où celles-ci ne sont pas expressément exigées par les différents protocoles. C'est le cas par exemple du rapportage des COVNM, pour certaines Parties, avant 1988.	Employé pour les COVNM avant 1988, et les métaux lourds et particules en suspension avant 1990.

### 1.8.1 Sources manquantes, relatives à la notation « NE » (Non estimées)

#### 1.8.1 Sources Not Estimated (NE)

Conformément aux recommandations des Nations Unies, à partir du moment où une source est définie dans le guide EMEP/EEA et qu'une méthodologie de calcul est fournie, alors la source d'émission doit être estimée. Dans le cas où une telle source ne peut être estimée, la notation « NE » est ajoutée et des investigations sont planifiées, dans la mesure du possible, dans le cadre de l'amélioration continue déployée au sein du SNIEBA. Quelques sources d'émissions sont clairement non estimées, elles apparaissent donc en « NE » dans les tables NFR. Il est à noter que les secteurs NFR dont les émissions ne sont pas estimées car aucun facteur d'émission n'est proposé dans le guide EMEP/EEA, sont également rapportés en « NE », mais ne sont pas listés dans le tableau qui suit.

Tableau 6 : Liste des sources couvertes par la notation « NE »

Code NFR		Polluant(s)	Justification de l'emploi de NE
1B1a	Emissions fugitive des combustibles solides : manutention et extraction du charbon	COVNM	Pas encore estimé, point à améliorer
2C3	Aluminium production	NH <sub>3</sub>	Les émissions de NH <sub>3</sub> sont supposées négligeables.
2C7b	Production de nickel	SO <sub>x</sub>	Pas encore estimé, point à améliorer

### 1.8.2 Détail sur les sources visées par la notation « IE » (Inclus ailleurs)

#### 1.8.2 Sources Included Elsewhere (IE)

La structure des données sources employées et la construction de l'inventaire d'émission suivant une nomenclature détaillée (SNAP 97c) permettent de renseigner l'essentiel des catégories de la nomenclature NFR (cf. correspondance NFR / SNAP 97c en annexe 1).

Tableau 7 : Explication sur l'emploi de la notation « IE»

Code NFR		Inclus dans le code NFR		Polluant(s)	Justification
1A3c	Transport ferroviaire	1A4ai	Sources fixes du tertiaire	Tous ceux émis à partir de charbon	Le bilan de l'énergie ne permet pas de distinguer la consommation de charbon spécifiquement pour les trains.
1A3eii	Autres transports	1A4ai	Sources fixes du tertiaire	Tous	Le bilan de l'énergie ne permet pas de distinguer ces consommations
1A4aai	Sources mobiles du tertiaire	1A4ai	Sources fixes du tertiaire	Tous	Le bilan énergétique ne distingue pas ces deux postes
1A5b	Sources mobiles (militaire)	1A5a	Sources fixes (militaire)	Tous	Ces informations sont incluses dans le poste sources fixes pour des raisons de confidentialité
1B1b	Emissions fugitives des combustibles solides : transformation	1A1c	Transformation des combustibles solides	NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub>	Compte tenu des émissions déclarées par les sites pour les unités de production de coke sans distinction entre les émissions liées à la combustion et celles liées au procédé, les émissions de SO <sub>x</sub> et NO <sub>x</sub> du 1B1b sont incluses dans le secteur 1A1c_solid fuel transformation avec les émissions liées à la combustion.
2B10b	Stockage, traitement et transport de produits chimiques	2B	Industrie chimique	COVNM	Il est difficile de séparer les émissions des activités manutention/transport de celles de la production
2A1	Production de ciment	1A2f	Combustion dans l'industrie minéraux non métalliques	NO <sub>x</sub> , COVNM, SO <sub>x</sub> et particules	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
2A2	Production de chaux	1A2f	Combustion dans l'industrie minéraux non métalliques	NO <sub>x</sub> , COVNM, SO <sub>x</sub> et particules	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
2A3	Production de verre	1A2f	Combustion dans l'industrie minéraux non métalliques	NO <sub>x</sub> , COVNM, SO <sub>x</sub> , ML et particules	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
2C3	Industrie des métaux non-ferreux (production d'aluminium, électrolyse)	1A2b	Combustion dans l'industrie : métaux non ferreux	PCDD-F, HCB, NO <sub>x</sub>	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
2C4	Production de magnésium	1A2b	Combustion dans l'industrie : métaux non ferreux	Tous	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
2C5	Production de plomb				
2C6	Production de zinc				
2C7a	Production de cuivre				
2C7d	Stockage, traitement et transport de métaux	2C	Métallurgie	PM	Il est difficile de séparer les émissions des activités manutention/transport de celles de la production
2D3b	Pavage des routes avec de l'asphalte	1A2gviii	Installations fixes de combustion	PM, BC	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé

Code NFR		Inclus dans le code NFR		Polluant(s)	Justification
			dans l'industrie manufacturière et la construction - autres		
2H1	Papier	1A2d	Combustion dans l'industrie papetière	NO <sub>x</sub> , CO, particules	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
5C1bi	Incinération de déchets industriels	5C1a	Incinération de déchets municipaux	Tous	Les déchets industriels non dangereux sont pour la plupart incinérés conjointement aux déchets municipaux

### 1.8.3 Sources visées par d'autres notations

#### 1.8.3 Other notation keys

Tableau 8 : Explication sur l'emploi des notations « NO » et « C »

Code	Code NFR	Commentaire
NO	1A1c	Transformation des combustibles minéraux solides et raffinage du gaz
	1B1c	Autres émissions fugitives liées aux combustibles solides
	1B2d	Autres émissions fugitives liées à la production d'énergie
	2B5	Production de carbure de calcium
	2C7c	Production d'autres métaux
	2J	Production de POP
	2K	Consommation de POP et de métaux lourds
	3B4a	Gestion des déjections animales : Buffles
	5C1bvi	Autres incinérations de déchet
	5D3	Autres manipulations de déchets
	6A	Autres
	1A5c	Opérations multilatérales
	11A	Volcans
C	2B3	Production d'acide adipique
	2B6	Production de dioxyde de titane
	2B7	Production de carbonate de soude
	2C2	Industrie des métaux non-ferreux (ferro alliages)
	2C3	Industrie des métaux non-ferreux (production d'aluminium, électrolyse)
	2C5	Production de plomb
		L'activité est confidentielle en raison du peu d'installations en France (mais les émissions ne sont pas confidentielles)

	2C6	Production de zinc	
	2C7b	Production de nickel	
	2D3f	Nettoyage à sec	
	5C1biii	Incinération de déchets hospitaliers	

### 1.8.4 Description des sources incluses dans les catégories "Autres" du NFR

#### 1.8.4 Description of the sources included in the categories « Other » of the NFR

Pour faciliter le rapportage exhaustif des émissions, la nomenclature NFR dispose de catégories "Autres" pour lesquelles il est possible de comptabiliser les émissions des sources non répertoriées ailleurs. Le tableau ci-dessous précise le contenu de chacune de ces catégories. Par ailleurs, une liste exhaustive des correspondances entre les codes de la nomenclature NFR et ceux de CORINAIR/SNAP 97c est fournie en Annexe 10 de ce rapport.

Tableau 9 : Sources incluses dans les rubriques NFR "Autres"

Code NFR		SNAP 97c	Description du sous-secteur	Substance(s) concernées
1A2gvii	Installations mobiles de combustion dans l'industrie manufacturière et la construction - autres	080801	Combustion dans les équipements mobiles non routiers du secteur de l'industrie et du BTP (chargeuses, pelles mécaniques, bétonnières, etc.)	Toutes les substances, sauf HCB et PCB
		080802	Abrasion liée à l'utilisation des équipements mobiles non routiers du secteur de l'industrie et du BTP (chargeuses, pelles mécaniques, bétonnières, etc.)	
1A2gviii	Installations fixes de combustion dans l'industrie manufacturière et la construction - autres	0301xx*	Installations de combustion dans les secteurs de l'équipement, de la production de papier carton, de la production de minéraux non-métalliques et de matériaux de construction et dans divers industries	NO <sub>x</sub> , CO, COVNM, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , Pb, Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, PCB, PCDD/F, BaP, BbF, BkF, IndPy, HCB, BC
		030313	Production de produits de recouvrement des routes (stations d'enrobage)	
2B10a	Autres industries chimiques	040401	Acide sulfurique	NO <sub>x</sub> , CO, COVNM, SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , Cd, Hg, BC, HAP
		040404	Sulfate d'ammonium	
		040405	Nitrate d'ammonium	
		040407	Engrais NPK	
		040408	Production d'Urée	
		040409	Noir de carbone	
		040413	Chlore	
		040414	Engrais phosphatés	
		040416	Autres procédés de l'industrie chimique inorganique (sauf production de N <sub>2</sub> O et d'hydrogène)	
		040501	Ethylène	
		040502	Propylène	
		040504	Chlorure de vinyle (excepté 04.05.05)	
		040506	Polyéthylène basse densité	
040507	Polyéthylène haute densité			

Code NFR		SNAP 97c	Description du sous-secteur	Substance(s) concernées
		040508	Polychlorure de vinyle	
		040509	Polypropylène	
		040510	Styrène	
		040511	Polystyrène	
		040515	Résines butadiène styrène acrylonitrile (ABS)	
		040519	Anhydride phtalique	
		040523	Acide glyoxylique	
		040527	Autres procédés de la chimie organique (produits phytosanitaires ...)	
	040622	Production de produits explosifs		
2D3i	Autres utilisation de solvants	060401	Enduction de fibres de verre	COVNM
		060404	Extraction d'huiles comestibles et non comestibles	
		060405	Application de colles et adhésifs	
		060411	Utilisation domestique de produits pharmaceutiques	
2G	Autre utilisation de produits	060601	Feux d'artifice (utilisation)	TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , BC
		060602	Tabac (consommation)	NO <sub>x</sub> , COVNM, CO, TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , BC, Pb, Hg, As, Cd, Cr, Cu, PCDD/F, BaP, BbF, BkF, IndPy
		0701xx à 0705xx	Huile non énergétique (4 temps)	HAP, NO <sub>x</sub> , COVNM, CO, TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , BC, Pb, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Se, PCDD/F, PCB, NH <sub>3</sub> , SO <sub>x</sub>
2H3	Autres procédés industriels	040615	Fabrication d'accumulateurs	Pb
		060502	Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF <sub>6</sub>	COVNM
		060503	Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF <sub>6</sub>	NH <sub>3</sub>
3B4h	Autres animaux	100515	Autres déjection animales (lapins)	NH <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , TSP
5E	Autres déchets	090703	Feux ouverts - Autres (feux de véhicules et de bâtiments)	Tous sauf COVNM, SO <sub>x</sub> et NH <sub>3</sub>
		1111xx	Forêts de feuillus exploitées	COVNM
		1112xx	Forêts de conifères exploitées	COVNM
		113xxx	UTCATF	NO <sub>x</sub> , CO
11C		1101xx	Forêts de feuillus naturelles	COVNM
		1102xx	Forêts de conifères naturelles	COVNM

Code NFR		SNAP 97c	Description du sous-secteur	Substance(s) concernées
	Autres sources naturelles (exclues du total national)	110401	Prairies naturelles	COVNM
		111000	Eclairs	NO <sub>x</sub>

(\*) l'astérisque indique que le code SNAP n'intervient que partiellement dans le code NFR correspondant.

## 2. Analyses des tendances

---

### 2. Explanation of key trends

L'inventaire des émissions présenté dans ce rapport fournit :

- Les résultats pour la France métropolitaine requis par la CEE-NU et la Commission européenne, à savoir les émissions globales et détaillées des 5 secteurs et 127 sous-secteurs de la nomenclature NFR pour : SO<sub>2</sub> (depuis 1980), NO<sub>x</sub> (depuis 1980), NH<sub>3</sub> (depuis 1980), CO (depuis 1980), COVNM (depuis 1988), 9 métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn), poussières totales (TSP), particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM<sub>10</sub>) et à 2,5 microns (PM<sub>2,5</sub>), le *black carbon* (BC) (depuis 1990), dioxines et furanes, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), polychlorobiphényles (PCB) et hexachlorobenzène (HCB) depuis 1990 (cf. annexe 6).
- Les émissions pour chacune des substances listées ci-dessus avec une approche chronologique selon la nomenclature NFR (cf. annexe 8).
- Des analyses synthétiques des résultats précédents développées ci-après, notamment en ce qui concerne la comparaison avec les objectifs assignés dans les différents Protocoles de la Convention CLRTAP et la directive NEC (Plafonds d'Emission Nationaux) (voir chap. 11).

L'examen des résultats par polluant amène les commentaires suivants :

#### **Point d'attention - Conjoncture particulière liée à la crise sanitaire Covid 2020**

L'impact de la crise sanitaire et des confinements est visible sur la majorité des émissions de polluants atmosphériques en 2020, avec une très forte baisse par rapport à 2019. Les principaux secteurs qui avaient été affectés en 2020 étaient les secteurs du transport et de l'industrie. Les émissions sont remontées en 2021, indiquant une reprise des activités, tout en restant pour la majorité des polluants inférieures à 2019. En 2022, les émissions de la majorité des polluants ont repris la tendance observée avant la crise du Covid.

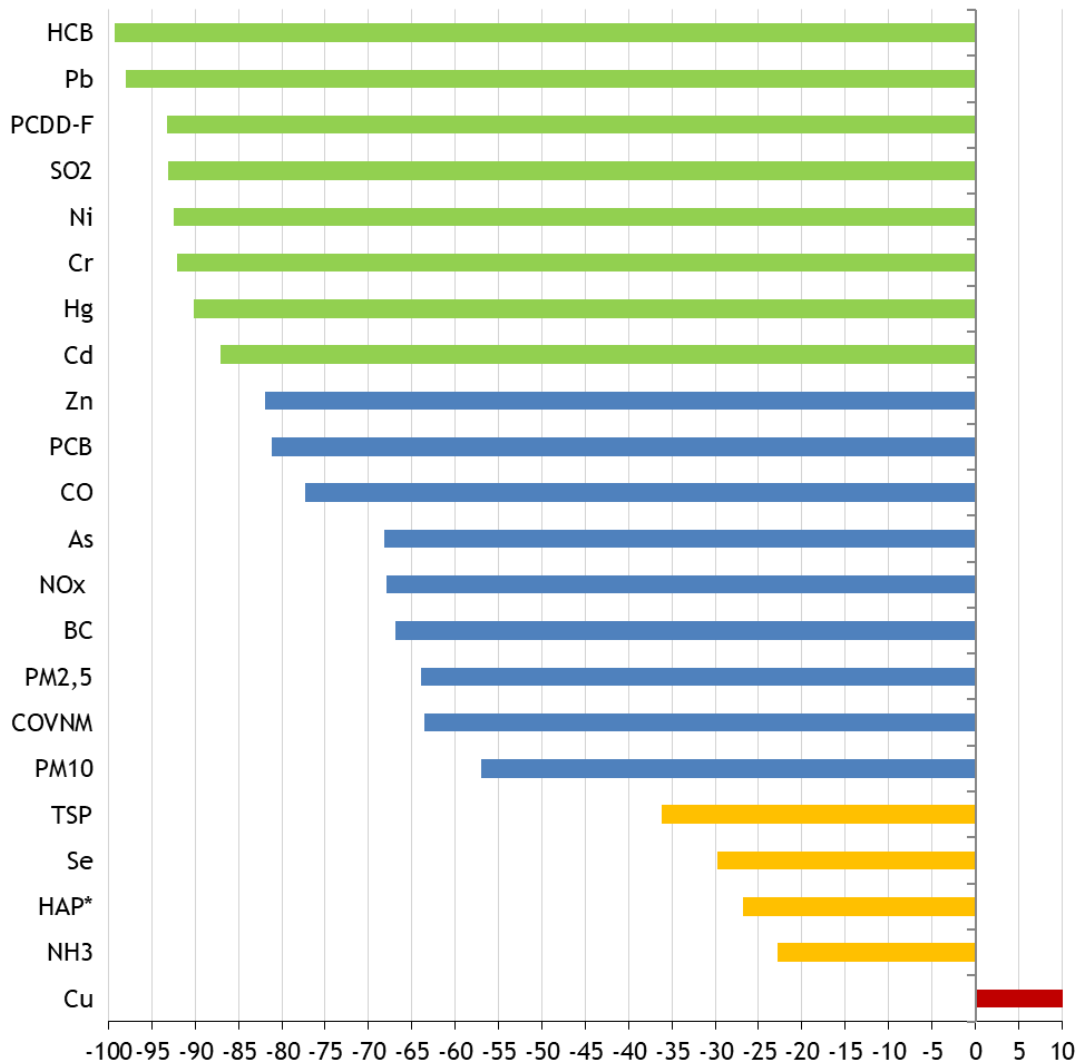


Figure 5 : Diminution (en %) des émissions en France (métropole) entre 1990 et 2022

D'une manière globale, de 1990 à 2022, les émissions de tous les polluants, excepté le cuivre, sont en baisse.

Les émissions des polluants présentés en vert sur la Figure 5 ont été **quasiment éliminées depuis 1990** (réduction supérieure à 85%) : en particulier le **plomb** [notamment avec l'arrêt de distribution de carburants plombés à partir de 2000], les **HCB** [les émissions liées à l'industrie de l'aluminium ayant cessé en 1994], les **dioxines et furanes (PCDD/F)** [mise en place des techniques de réduction au niveau des incinérateurs en lien avec la réglementation], le **chrome** [réduction des rejets industriels suite à la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux], le **SO<sub>2</sub>** [réduction des teneurs en soufre et des consommations de différents combustibles fossiles, développement d'unités de désulfuration], le **nickel** [baisse des consommations de fioul lourd, fermetures de raffineries et mise en place de dépoussiéreurs], le **mercure** [limitation de l'usage du mercure dans divers produits, mise en place de dépoussiéreurs dans l'industrie, disparition de la production de zinc de 1<sup>ère</sup> fusion et traitement des fumées des incinérateurs] et le **cadmium** [mise en place de dépoussiéreurs dans l'industrie et traitement des fumées des incinérateurs].



Les émissions des substances suivantes sont **en forte baisse (de 55% à 85%)** sur la période 1990-2022 : le **zinc** [*arrêt de la production de zinc de deuxième fusion, réduction des rejets industriels suite à la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux*], les **PCB** [*mise en place des techniques de réduction au niveau des incinérateurs en lien avec la réglementation*], le **CO** [*mise en place de pots catalytiques et diésélisation du parc automobile, amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois dans le secteur résidentiel*], l'**arsenic** [*baisse de consommation de combustibles minéraux, mise en place de dépoussiéreurs dans les aciéries électriques, disparition de l'ajout d'arsenic au process pour la production de verre*], les **NOx** [*mise en place de normes européennes d'émission sur les véhicules, développement des pots catalytiques et des systèmes de traitement des NOx dans les unités de combustion et les industries*], les **PM<sub>2.5</sub>** et le **carbone suie** [*pour ces deux polluants : amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois dans le secteur résidentiel, amélioration du parc automobile et progression des diesels avec filtres à particules, mise en place de dépoussiéreurs dans l'industrie*], les **COVNM** [*mise en place de pots catalytiques et diésélisation du parc automobile, amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois dans le secteur résidentiel*] et les **PM<sub>10</sub>** [*amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois dans le secteur résidentiel, amélioration du parc automobile et progression des diesels avec filtres à particules, mise en place de dépoussiéreurs dans l'industrie*]

Les émissions de **quatre polluants présentent des baisses moins importantes** entre 1990 et 2022 : les **TSP** [*amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois dans le secteur résidentiel, amélioration du parc automobile et progression des diesels avec filtres à particules, mise en place de dépoussiéreurs dans l'industrie*], le **sélénium** [*principalement émis par la production de verre*], l'**ammoniac** [*baisse des cheptels et de l'azote minéral épandu, développement des pratiques de réduction*], les **HAP** [*renouvellement progressif des équipements de combustion biomasse dans le secteur résidentiel*].

Le **cuivre** est le seul polluant dont les émissions ont augmenté entre 1990 et 2022. L'augmentation du cuivre est principalement dû aux secteurs des transports (abrasion des plaquettes de freins pour le routier et abrasion des caténaires pour le ferroviaire) et des procédés industriels.

**Une analyse par grande famille de polluants, puis pour chaque polluant est détaillée ci-dessous.**

## 2.1 Acidification, eutrophisation et pollution photochimique (ou « AEP »)

### 2.1 Acidification, eutrophication and photochemical pollution

Les émissions des polluants concernés (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, COVNM, CO) ont fortement diminué sur la période, à l'exception du NH<sub>3</sub> qui connaît une plus faible diminution (23% par rapport à 1990) :

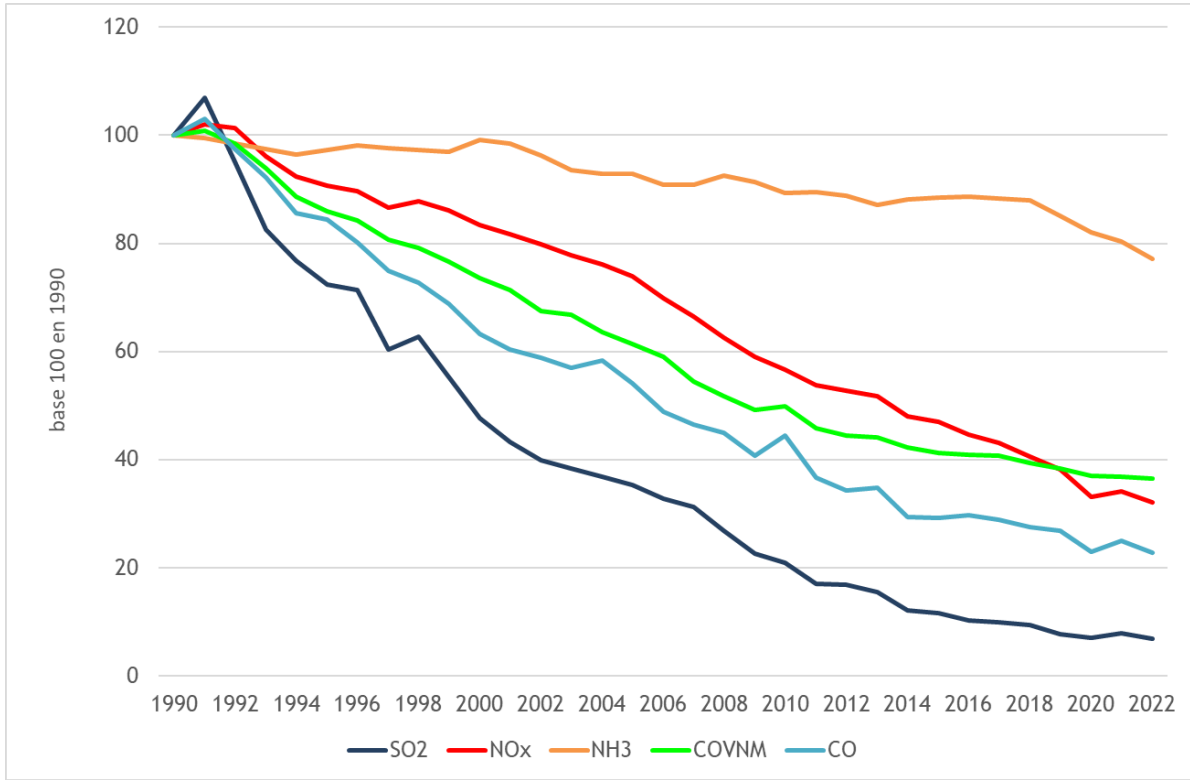


Figure 6 : Evolution des émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, COVNM et CO entre 1990 et 2022 (base 100 en 1990)

### 2.1.1 Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

#### 2.1.1 SO<sub>2</sub>

Le SO<sub>2</sub> est un gaz essentiellement issu des processus de combustion des combustibles fossiles soufrés (NFR 1 : 1A1 Industrie de l'énergie, 1A2 Industrie Manufacturière, 1A3 Transport, 1A4 Résidentiel/Tertiaire...) et de certains procédés industriels (principalement les catégories 2C production de métaux et 2B10 production d'acide sulfurique).

Tableau 10 : Emissions de SO<sub>2</sub> par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	1 254	439	260	138	112	91	81	92	80	90,3%	-94%	-13%
Procédés industriel	35	18	10	11	10	9	9	10	8	9,2%	-77%	-16%
Agriculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1%	-68%	-3%
Déchets	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0,4%	-90%	-8%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>1 293</b>	<b>457</b>	<b>271</b>	<b>150</b>	<b>122</b>	<b>101</b>	<b>91</b>	<b>102</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>	<b>-93%</b>	<b>-13%</b>

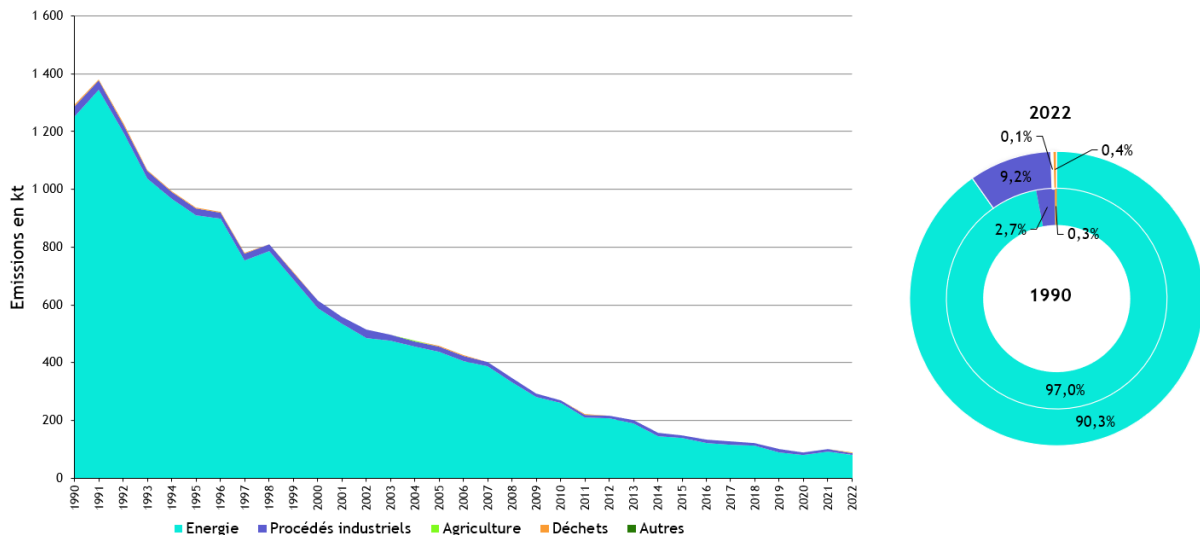


Figure 7 : Evolution et répartition des émissions de SO<sub>2</sub> en France métropolitaine

### Analyse des tendances :

La réduction des émissions observée au cours des années 1980 (-60% entre 1980 et 1990) est essentiellement liée à la diminution des consommations d'énergie fossile pour la production d'électricité, conséquence du programme électronucléaire.

Depuis 1990, la forte baisse des émissions de SO<sub>2</sub> reflète la réduction des teneurs en soufre de différents combustibles fossiles pétroliers (fioul lourd, fioul domestique, gazole) utilisés par les industriels et dans le secteur des transports, conjuguée à la diminution des consommations de combustibles relativement soufrés avec ou sans substitution par d'autres combustibles peu ou pas soufrés comme le gaz naturel (du fait du contexte économique, de la mise en place d'actions d'économie d'énergie et de l'amélioration du rendement énergétique des installations). Des unités de désulfuration sont également présentes dans certaines installations. Ces dernières années, elle est également liée au développement des énergies renouvelables.

Cette tendance de fond, orientée à la baisse, devrait perdurer au cours des prochaines années grâce à la poursuite de la mise en œuvre de réglementations visant à sévérer les valeurs limites d'émission des installations industrielles dans le cadre de la directive sur les émissions industrielles (directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, dite IED) ainsi que les valeurs limites d'émission des autres installations de combustion, notamment entre 1MW et 50 MW dans le cadre des arrêtés français sur la combustion.

Certaines années voient leurs émissions de SO<sub>2</sub> augmenter (1991, 1998) car elles sont sensibles aux aléas climatiques et aux conjonctures techniques : moindre disponibilité du nucléaire en 1991 ; forte vague de froid ayant nécessité de recourir davantage aux énergies fossiles en 1998. A l'inverse, une douceur exceptionnelle du climat, comme en 2011 et 2014, ou encore la crise économique, en 2008, accentuent la baisse des émissions observées. Ceci montre la sensibilité des émissions aux aléas climatiques, notamment pour les secteurs de la transformation d'énergie et du résidentiel/tertiaire, et aux aléas économiques, essentiellement pour les industries.

## 2.1.2 Oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>)

### 2.1.2 NO<sub>x</sub>

Les NO<sub>x</sub> sont émis lors des processus de combustion des combustibles fossiles ou biomasse dans le transport routier (1A3), les installations de combustion pour la production d'électricité et le chauffage urbain (1A1a), l'industrie (1A2) et le résidentiel/tertiaire (1A4). Le secteur Energie NFR 1 est ainsi

responsable de la majorité (79%) des émissions en 2022. Les NO<sub>x</sub> sont également émis en agriculture par des processus biologiques de nitrification/dénitrification dans les sols à la suite des apports de fertilisants azotés minéraux ou organiques ; et dans les zones d'élevage au niveau des postes bâtiment/stockage à partir de l'azote contenu dans les déjections animales. Enfin, quelques procédés industriels émettent également des NO<sub>x</sub> (NFR 2 : production d'acide nitrique, fabrication d'engrais, traitement de surfaces, etc.).

Tableau 11 : Emissions de NO<sub>x</sub> par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	1 959	1 424	1 064	850	714	668	562	590	552	79%	-72%	-6%
Procédés industriels	26	14	8	8	8	7	7	7	5	1%	-80%	-24%
Agriculture	185	169	157	160	160	154	148	145	138	20%	-26%	-5%
Déchets	7	4	3	3	3	3	3	3	3	0%	-62%	-4%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>2 177</b>	<b>1 611</b>	<b>1 233</b>	<b>1 022</b>	<b>885</b>	<b>832</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>698</b>	<b>100%</b>	<b>-68%</b>	<b>-6%</b>

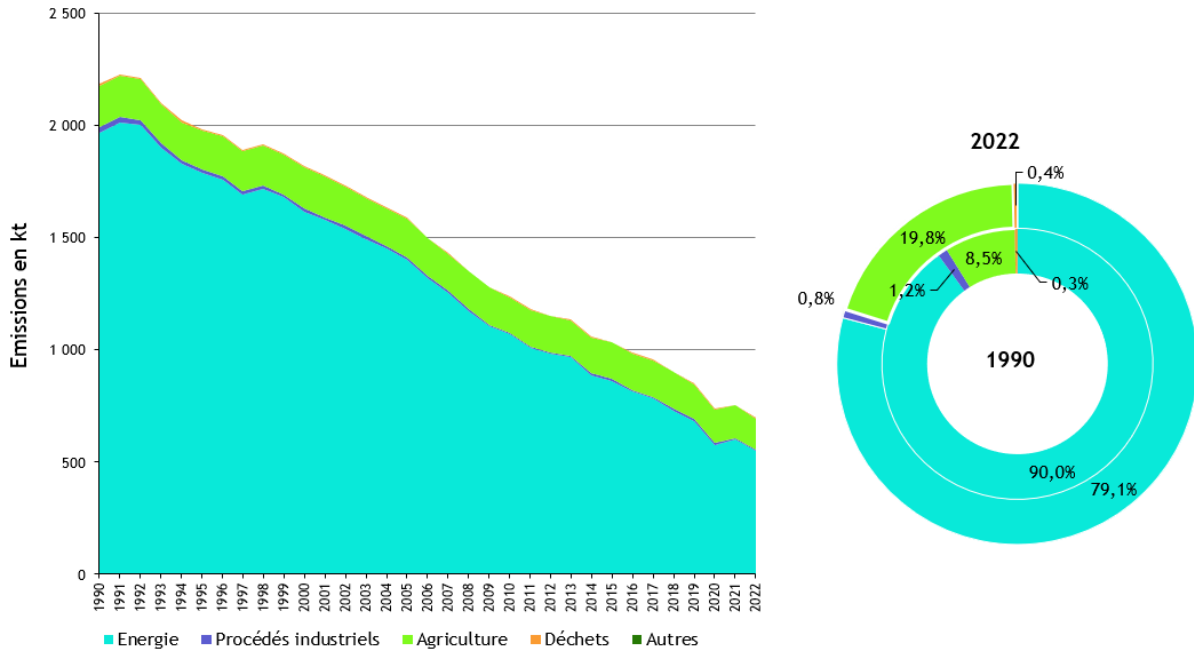


Figure 8 : Evolution et répartition des émissions de NO<sub>x</sub> en France métropolitaine

**Analyse des tendances :**

La diminution des émissions de NO<sub>x</sub> entre 1990 et 2022 s'explique par :

- la mise en place dans l'industrie et dans les installations de combustion de systèmes de traitement primaires et secondaires pour éliminer les NO<sub>x</sub> (GIC, IPPC, IED, etc.),
- la pénétration progressive des dispositifs d'épuration catalytiques sur les véhicules routiers ;
- des évolutions structurelles du mix énergétique (programme électronucléaire et développement d'énergies renouvelables) ;
- une meilleure performance énergétique des installations industrielles.

Pour le secteur des transports en particulier, la réduction des émissions de NO<sub>x</sub> est à mettre en parallèle avec la mise en place des normes européennes d'émission. Ces réglementations fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants, et intègrent les rejets de NO<sub>x</sub> pour les véhicules neufs mis en service. Ainsi, la baisse s'explique par le renouvellement du parc de

véhicules et l'équipement progressif des véhicules en pots catalytiques. Ces progrès technologiques viennent contrebalancer l'intensification du trafic. L'accélération de la baisse constatée entre 2019 et 2020 s'explique principalement par la crise sanitaire et le confinement, comme mentionné plus haut. En 2022, les niveaux d'émission diminuent de 3% par rapport à 2021, confirmant la tendance à la baisse observée depuis les années 1990.

### 2.1.3 Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

#### 2.1.3 NMVOC

Les COVNM sont émis lors des processus de combustion, d'évaporation, de réactions chimiques ou biologiques. Les secteurs majeurs contributeurs sont :

- L'agriculture (NFR 3) : en lien avec la gestion du fumier, les entrepôts d'ensilage (fermentation des fourrages), mais aussi le fonctionnement biologique des cultures (émissions attirant les insectes pollinisateurs par exemple) ;
- Les procédés industriels (NFR 2) : en lien avec l'usage de solvants (chimie de base, chimie fine, dégraissage des métaux, application de peintures, encres, colles, etc.) et la production de boissons alcoolisées et de pain ;
- L'énergie (NFR 1) : en lien avec le raffinage de pétrole, les installations de combustion industrielles et équipements de combustion domestiques au bois, ainsi que la distribution des carburants.

Tableau 12 : Emissions de COVNM par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	1 722	1 032	579	379	328	312	260	273	236	22%	-86%	-13%
<b>Procédés industriels</b>	754	676	555	388	382	375	392	396	400	38%	-47%	1%
<b>Agriculture</b>	434	429	415	424	430	420	417	395	418	39%	-4%	6%
<b>Déchets</b>	10	12	13	13	12	13	11	13	10	1%	-1%	-19%
<b>Autres</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>2 920</b>	<b>2 149</b>	<b>1 794</b>	<b>1 204</b>	<b>1 153</b>	<b>1 121</b>	<b>1 080</b>	<b>1 077</b>	<b>1 065</b>	<b>100%</b>	<b>-64%</b>	<b>-1%</b>

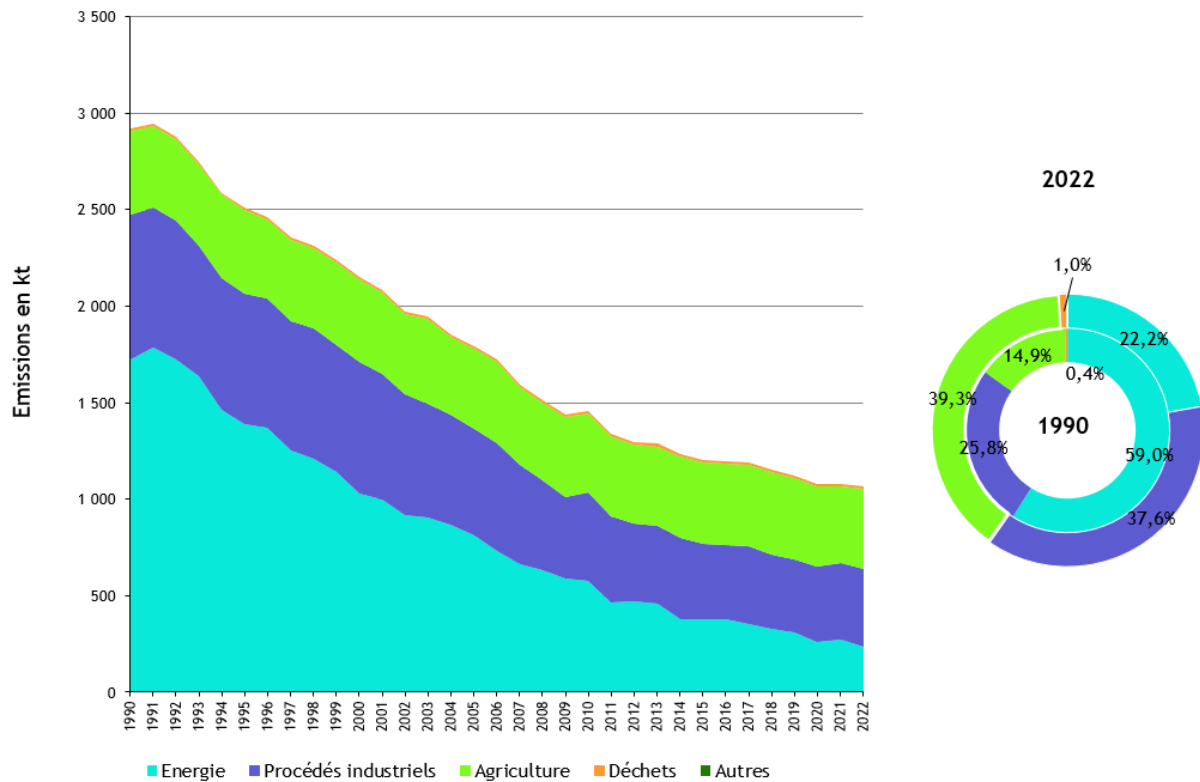


Figure 9 : Evolution et répartition des émissions de COVM en France métropolitaine

#### Analyse des tendances :

La baisse des émissions de COVM entre 1990 et 2022 est guidée par :

- Une importante baisse des émissions au sein du secteur Energie, qui s'explique par la réduction de 96% des émissions du transport routier sur cette même période consécutive à l'équipement des véhicules à essence en pots catalytiques depuis 1993, auquel s'ajoute la gestion des évaporations de ces véhicules équipés de filtre à charbon actif dans les réservoirs, ainsi qu'à la diesélisation du parc automobile, les véhicules diesel étant moins émetteurs de COV. De plus, les émissions liées à la combustion de la biomasse dans les équipements domestiques ont diminué du fait du renouvellement du parc par des appareils plus performants et moins émetteurs.
- La substitution des produits contenant des solvants par des produits à plus faible teneur ou sans solvant (NFR 2D).
- Des progrès en industrie pour réduire les émissions à la source, via la mise en place de techniques de réduction sur certains procédés (NFR 2D), conformément à la réglementation en vigueur.

Le ralentissement généralisé de la baisse des émissions observé à partir de 2010 s'explique notamment par le fait que la plupart des réglementations ont atteint un niveau élevé de pénétration dans le transport, l'industrie et le résidentiel/tertiaire notamment.

En lien avec la pandémie de Covid-19, les émissions de COVM en 2020 et 2021 sont plus élevées qu'en 2019 pour le secteur Procédés industriels. Cela est dû à une consommation accrue de gel hydroalcoolique pour la désinfection des mains. En 2022, les émissions de COVM reprennent la tendance à la baisse observée depuis les années 1990, avec une faible diminution de 1% entre 2021 et 2022.

Les émissions de l'agriculture ont également diminué mais dans une moindre mesure (-4% sur la période 1990-2022), principalement du fait de la baisse des cheptels. Entre 2021 et 2022 ces émissions ont légèrement augmenté (+6%).

### 2.1.4 Monoxyde de carbone (CO)

#### 2.1.4 CO

Les secteurs majeurs contributeurs en 2022 sont :

- L'énergie (NFR 1) : en lien avec les combustions incomplètes de tout combustible fossile ou biomasse (gaz, charbon, fioul, bois), que l'on retrouve dans le trafic routier (gaz d'échappement) et au niveau du chauffage résidentiel (bois notamment) ;
- Les procédés industriels (NFR 2) : particulièrement en lien avec la métallurgie (NFR 2C).

Tableau 13 : Emissions de CO par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	9 813	4 711	3 625	2 635	2 448	2 374	2 049	2 220	2 025	83%	-79%	-9%
Procédés industriels	788	1 002	1 058	420	433	437	348	388	356	15%	-55%	-8%
Agriculture	81	61	51	37	29	30	26	27	27	1%	-67%	-2%
Déchets	29	30	38	40	38	42	32	40	29	1%	1%	-28%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>10 711</b>	<b>5 804</b>	<b>4 772</b>	<b>3 132</b>	<b>2 948</b>	<b>2 883</b>	<b>2 456</b>	<b>2 677</b>	<b>2 437</b>	<b>100%</b>	<b>-77%</b>	<b>-9%</b>

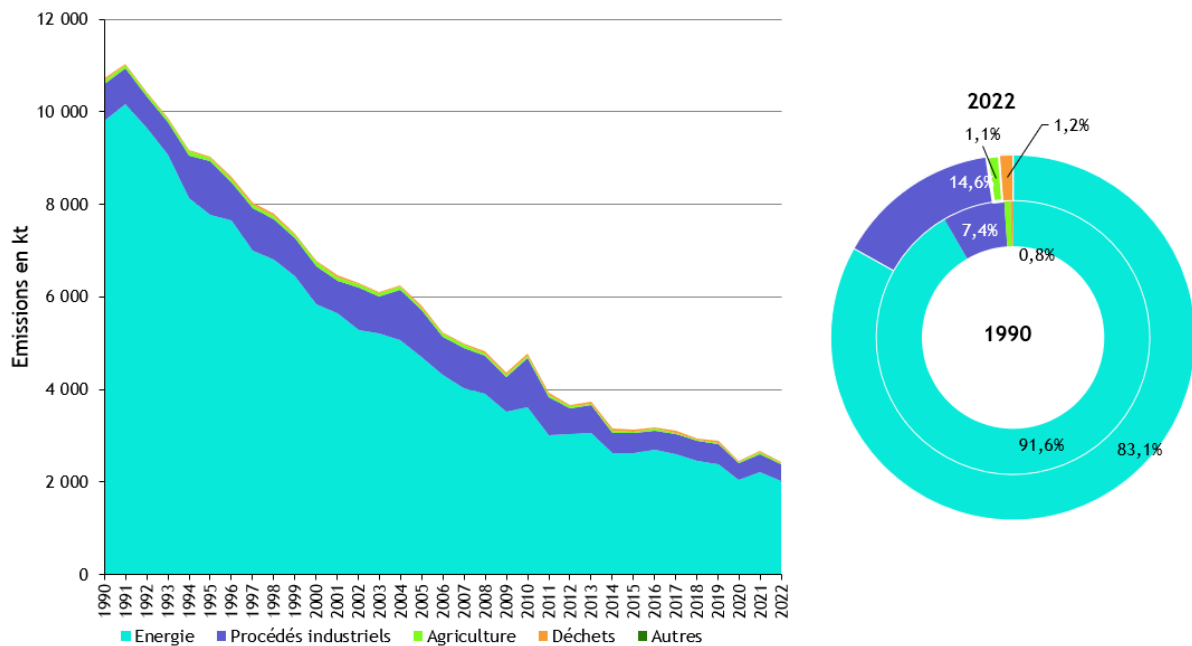


Figure 10 : Evolution et répartition des émissions de CO en France métropolitaine

#### Analyse des tendances :

La diminution de la contribution du secteur Energie (NFR 1) sur la période est guidée par l'évolution des émissions du transport routier (NFR 1A3) : la mise en place des pots catalytiques sur les véhicules à essence depuis 1993 ainsi que la diesélisation du parc automobile ont permis de réduire les émissions de 79% entre 1990 et 2022 pour ce sous-secteur. Le secteur NFR 1A4, dominé par le résidentiel/tertiaire, contribue également à la baisse observée, en lien avec les progrès accomplis dans le domaine de la combustion de la biomasse du fait du renouvellement du parc résidentiel et tertiaire par des appareils plus performants et moins émetteurs. L'accélération de la baisse constatée entre 2019 et 2020 pour le secteur énergie s'explique principalement par la crise sanitaire et le

confinement, comme mentionné plus haut. Les émissions diminuent en 2022 par rapport à 2021 et reprennent la tendance observée avant la crise sanitaire.

Les évolutions des émissions dans le secteur de l'industrie s'expliquent par les fortes variations de la production dans le secteur sidérurgique (fonte, acier, aggloméré) associées à la dépendance du facteur d'émission relatif à la valorisation des gaz sidérurgiques. En effet, la quantité de gaz de haut fourneau produite, réutilisée ou torchée dépend des conditions d'exploitation et de la possibilité interne pour les usines sidérurgiques ou charbonnières de réutiliser du gaz de haut fourneau produit en continu : ces variations de quantité de gaz de haut fourneau font varier les émissions d'une année à l'autre. Ainsi, nous pouvons voir différents pics (1995, 2004, 2010) ou diminutions (1992, 2001, 2009). La fermeture fin 2011 du site sidérurgique de Florange a également impacté à la baisse les émissions de CO.

### 2.1.5 Ammoniac (NH<sub>3</sub>)

#### 2.1.5 NH<sub>3</sub>

Le principal secteur émetteur est l'agriculture (NFR 3), à la fois du fait de la gestion des déjections des animaux (NFR 3B) et des sols agricoles (NFR 3D) qui représentent respectivement environ 40% et 60% des émissions du secteur en 2022. L'énergie (NFR 1) contribue à hauteur de 4 % des émissions en 2022, principalement du fait du NFR 1A4 (incluant le résidentiel/tertiaire) en lien avec la combustion de la biomasse.

Tableau 14 : Emissions de NH<sub>3</sub> par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	26	30	30	23	22	22	20	22	20	4%	-23%	-6,8%
<b>Procédés industriels</b>	8	6	4	4	5	4	4	3	4	1%	-51%	26%
<b>Agriculture</b>	636	585	563	562	557	538	519	507	486	94%	-24%	-4,1%
<b>Déchets</b>	1	3	4	6	7	7	7	8	8	1%	565%	1,8%
<b>Autres</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>672</b>	<b>624</b>	<b>599</b>	<b>595</b>	<b>591</b>	<b>571</b>	<b>550</b>	<b>540</b>	<b>518</b>	<b>100%</b>	<b>-23%</b>	<b>-3,9%</b>



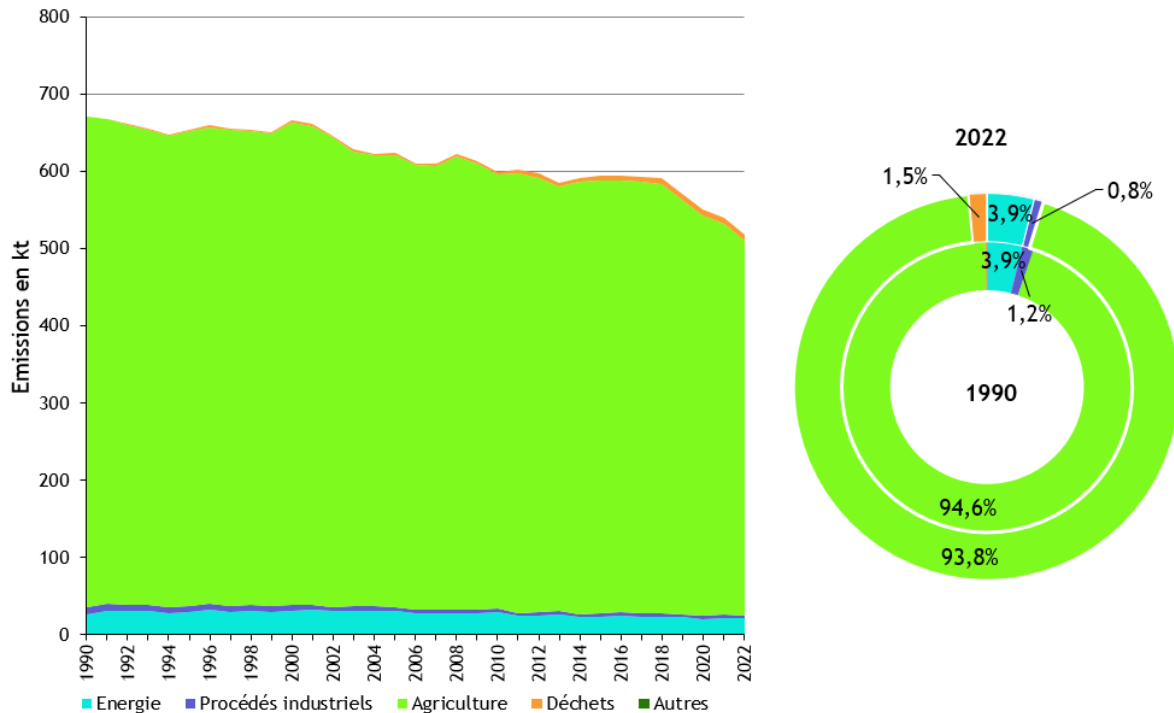


Figure 11 : Evolution et répartition des émissions de NH<sub>3</sub> en France métropolitaine

#### Analyse des tendances :

La tendance des émissions de NH<sub>3</sub> est principalement guidée par l'évolution des activités agricoles.

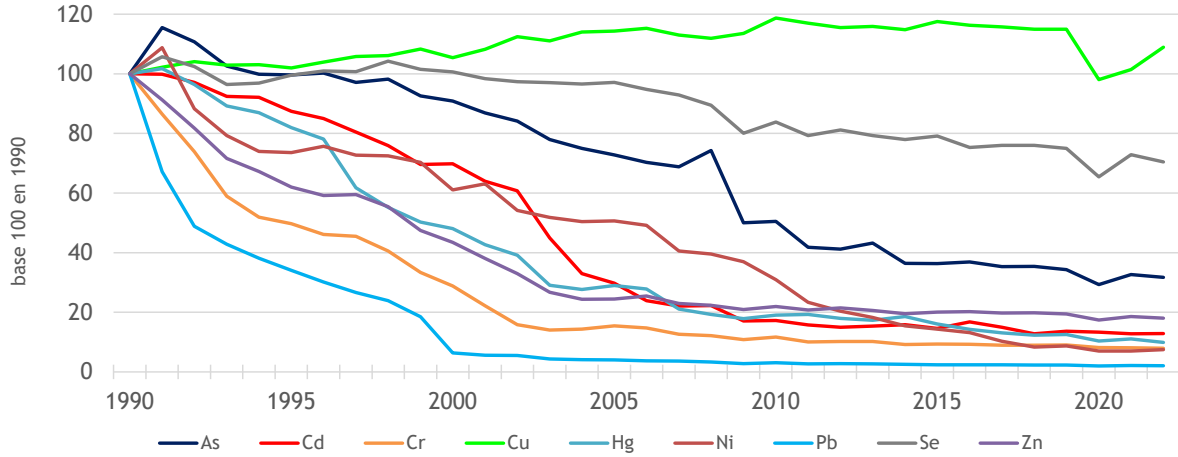
Le poste des sols agricoles (NFR 3D) a vu ses émissions baisser de 22 % entre 1990 et 2022, ce qui en fait le premier poste participant à la baisse des émissions du secteur. La baisse au sein de ce poste est à imputer en premier lieu à la fertilisation minérale, en lien avec une baisse de l'azote minéral total épandu. Le second poste contributeur à cette baisse est la pâture, principalement en lien avec le recul des cheptels. Enfin, les émissions liées à l'épandage des déjections sont également à la baisse, combinant à la fois une baisse de l'azote épandu en lien avec la baisse des cheptels, mais également une progression des pratiques d'épandage moins émissives. Les émissions liées à l'épandage des déjections produites par les animaux élevés en France diminuent plus rapidement que la quantité d'azote épandu associée. Le poste de gestion des déjections au bâtiment et au stockage (NFR 3B) a vu également ses émissions baisser, d'environ 25% entre 1990 et 2022. Cette évolution est constatée principalement chez les vaches laitières, en lien avec la baisse du cheptel. Des réductions notables se retrouvent également chez les porcins, notamment du fait de la progression de l'alimentation biphasé et du traitement des effluents par nitrification-dénitrification, et enfin au niveau des volailles, avec la disparition progressive jusqu'en 2006 des systèmes en fosse profondes chez les poules pondeuses (systèmes très émetteurs), l'ajustement de l'alimentation aux besoins en azote induisant une baisse de l'azote excrété pour certaines catégories de volailles et une chute très forte du cheptel des dindes sur la période.

## 2.2 Métaux lourds

### 2.2 Heavy metals

Parmi les neuf **métaux lourds** considérés dans l'inventaire, tous voient leurs émissions diminuer entre 1990 et 2022, excepté le cuivre dont les émissions augmentent de 9%. Les baisses sont comprises entre 30% (Selenium) et 98% (Plomb). Mis à part pour le cuivre, l'arsenic et le sélénium, les baisses constatées sont supérieures à 70%. L'analyse détaillée par polluant est présentée ci-dessous.

Pour rappel, la tendance générale à la baisse des émissions constatée entre 2019 et 2020 est due à la crise sanitaire, ayant principalement impacté le secteur des transports et de l'industrie. En 2021, les émissions remontent par rapport à 2020 mais sont inférieures à 2019. En 2022, la tendance à la baisse reprend par rapport à 2021 pour la majorité des métaux excepté le cuivre, le cadmium et le nickel dont les émissions augmentent.



Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

Figure 12 : Evolution des émissions de métaux lourds entre 1990 et 2022 (base 100 en 1990)

### 2.2.1 Plomb (Pb)

#### 2.2.1 Pb

Les émissions de plomb sont principalement issues de la combustion de carburants, de fioul lourd, de combustibles minéraux solides et de biomasse. On retrouve également ces émissions de plomb au cours des process de première et seconde fusion du plomb, lors de la fabrication de batteries électriques ou encore lors de l'incinération de déchets.

Tableau 15 : Emissions de Pb par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	4 198	148	120	93	92	91	79	85	81	92%	-98%	-4%
Procédés industriels	50	20	10	6	6	6	4	3	4	5%	-92%	18%
Agriculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-69%	-1%
Déchets	45	3	4	3	2	3	3	3	3	3%	-93%	2%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>4 294</b>	<b>172</b>	<b>133</b>	<b>103</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>92</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>	<b>-98%</b>	<b>-3%</b>

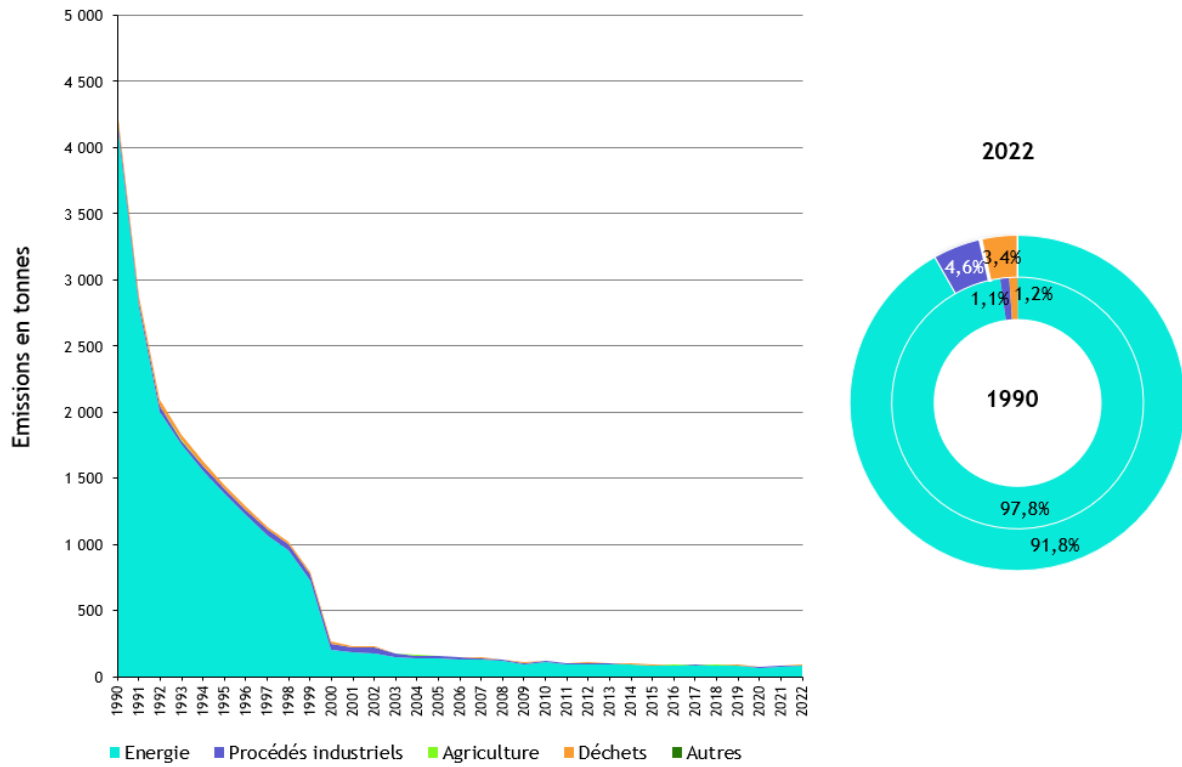


Figure 13 : Evolution et répartition des émissions de Pb en France métropolitaine

Analyse des tendances :

Suite à l'arrêt définitif de la distribution de carburants automobiles plombés à partir de 2000, les émissions de plomb ont chuté drastiquement. Dans une mesure bien moindre en valeur absolue, les progrès réalisés dans les procédés industriels à la suite de la mise en place d'équipements de réduction des particules et l'arrêt de la production de plomb de première fusion depuis 2003, ont également participé à la baisse des émissions de plomb au cours du temps.

## 2.2.2 Cadmium (Cd)

### 2.2.2 Cd

Le cadmium est émis lors de la combustion de combustibles fossiles solides, de fioul lourd et de biomasse, de l'incinération des déchets, par la métallurgie des métaux non ferreux (notamment la production de zinc), la production de minéraux non-métalliques et de matériaux de construction.

Tableau 16 : Emissions de Cd par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	10,9	4,6	2,5	2,1	1,8	1,9	1,9	1,8	1,6	60%	-85%	-10%
Procédés industriels	4,6	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	27%	-85%	40%
Agriculture	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	6%	-68%	-5%
Déchets	4,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	7%	-96%	0%
Autres	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>20,5</b>	<b>6,1</b>	<b>3,5</b>	<b>3,0</b>	<b>2,6</b>	<b>2,8</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>100%</b>	<b>-87%</b>	<b>1%</b>

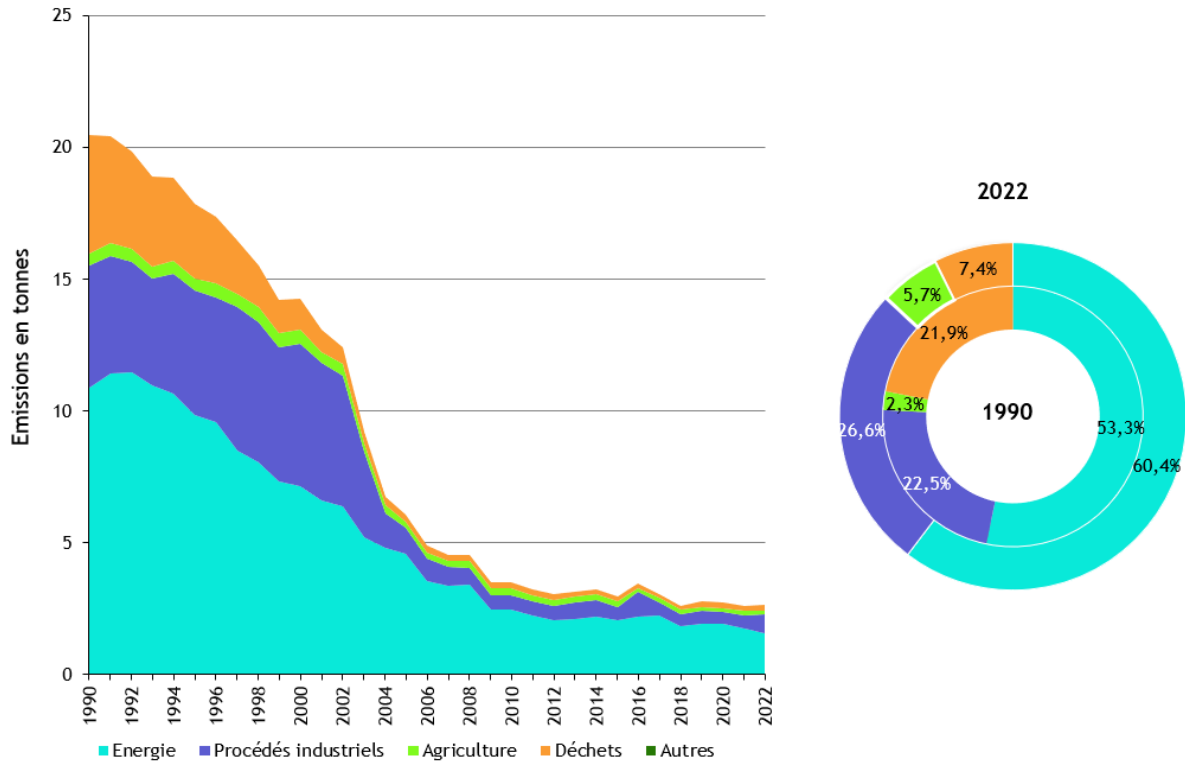


Figure 14 : Evolution et répartition des émissions de Cd en France métropolitaine

#### Analyse des tendances :

Les émissions de cadmium ont diminué du fait des progrès réalisés dans les secteurs industriels, en particulier la sidérurgie et la métallurgie des métaux non ferreux avec la mise en place de dépoussiéreurs et l'évolution de la composition des matières entrantes dans ces process. La baisse constatée pour les secteurs de l'énergie et des déchets est principalement liée au développement du traitement des fumées dans les usines d'incinération, avec et sans récupération d'énergie.

### 2.2.3 Mercure (Hg)

#### 2.2.3 Hg

Le mercure est émis principalement lors de la combustion des minéraux solides et de la biomasse, de la production de chlore, de la production d'acier, de la fabrication de batteries et de l'incinération des déchets.

Tableau 17 : Emissions de Hg par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	16,3	4,9	3,1	2,4	2,4	2,4	1,9	2,1	1,9	76%	-88%	-7%
<b>Procédés industriels</b>	4,1	1,9	1,2	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	12%	-92%	-36%
<b>Agriculture</b>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1%	-68%	-5%
<b>Déchets</b>	5,2	0,6	0,6	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	11%	-95%	14%
<b>Autres</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>25,6</b>	<b>7,4</b>	<b>4,9</b>	<b>4,1</b>	<b>3,2</b>	<b>3,2</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>	<b>2,5</b>	<b>100%</b>	<b>-90%</b>	<b>-10%</b>

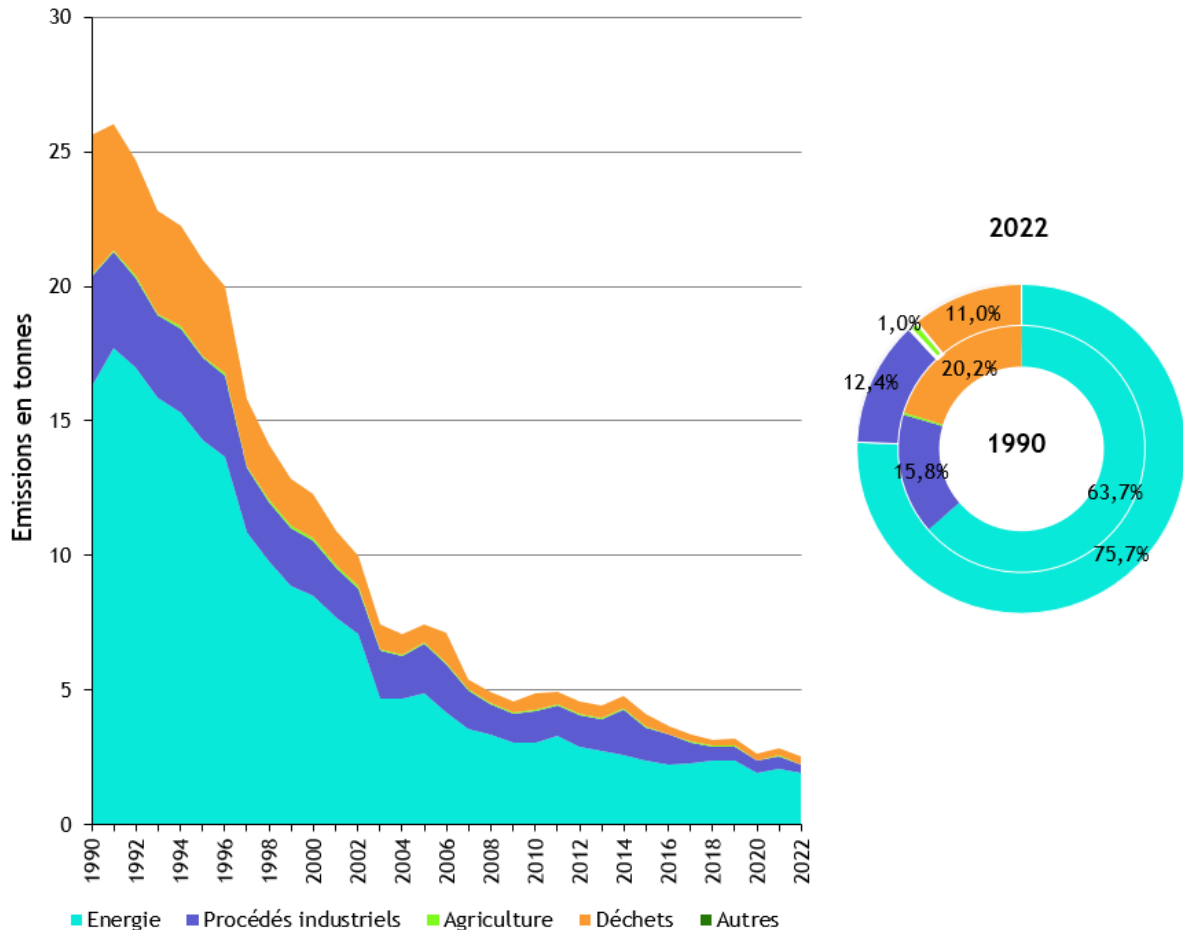


Figure 15 : Evolution et répartition des émissions de Hg en France métropolitaine

#### Analyse des tendances :

La forte baisse des émissions sur la période est liée à la limitation de l'usage du mercure dans divers produits (piles, thermomètres médicaux) et aux progrès dans les procédés de traitement des déchets, en particulier au niveau de l'incinération des déchets non dangereux avec et sans récupération

d'énergie, grâce notamment à la mise en place de dépoussiéreurs (mise en conformité progressive des usines d'incinération d'ordures ménagères avec les arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002). L'optimisation des procédés de la production de chlore, la disparition en 2003 de la production de zinc de première fusion et la mise en place progressive de filtres chez les cimentiers expliquent, entre autres, la baisse des émissions. Cette baisse peut s'expliquer aussi par des évolutions des teneurs en mercure de certains combustibles au cours du temps. Enfin, pour rappel, la baisse constatée entre 2019 et 2020 pour le secteur énergie s'explique principalement par la crise sanitaire et le confinement, comme mentionné plus haut. Les niveaux remontent ensuite légèrement entre 2020 et 2021 puis diminuent à nouveau en 2022.

### 2.2.4 Nickel (Ni)

#### 2.2.4 Ni

Les émissions de nickel proviennent essentiellement de la combustion de fioul lourd et d'autres produits pétroliers, du raffinage du pétrole, de l'abrasion des routes, de l'usure des freins et des process sidérurgiques.

Tableau 18 : Emissions de Ni par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	228,4	132,4	85,4	34,4	18,3	16,8	16,0	16,3	17,3	80%	-92%	6%
Procédés industriels	58,4	14,3	4,3	7,0	5,8	8,5	4,1	3,7	4,3	20%	-93%	15%
Agriculture	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-67%	-4%
Déchets	3,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	1%	-96%	-23%
Autres	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>290,4</b>	<b>147,0</b>	<b>90,0</b>	<b>41,7</b>	<b>24,3</b>	<b>25,4</b>	<b>20,2</b>	<b>20,3</b>	<b>21,7</b>	<b>100%</b>	<b>-93%</b>	<b>7%</b>

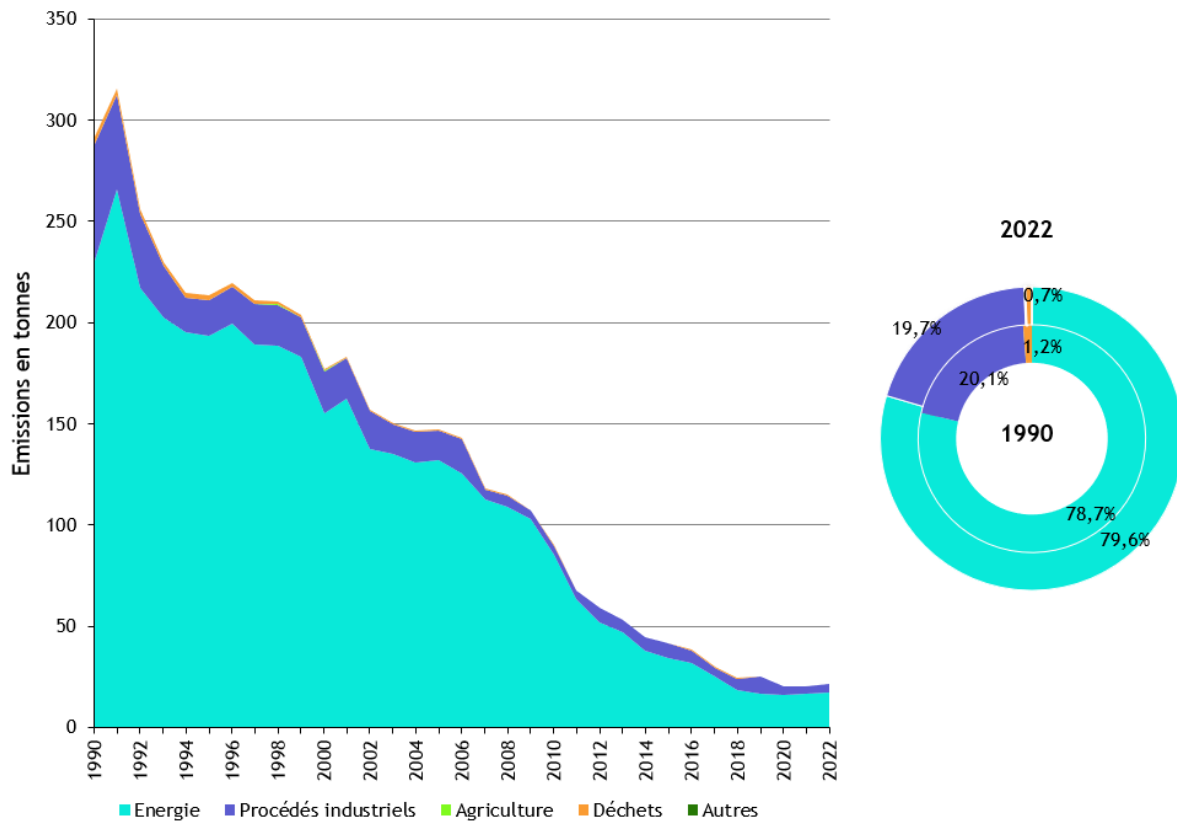


Figure 16 : Evolution et répartition des émissions de Ni en France métropolitaine

Analyse des tendances :

Dans le raffinage du pétrole et la production d'électricité, la réduction de l'utilisation de fioul lourd a entraîné la réduction des émissions de nickel associées. Pour le raffinage, cela s'explique principalement par la baisse de l'activité de raffinage en France (fermeture des raffineries) et à la substitution de ce combustible par du gaz en raffinerie moins émetteur de nickel.

La moindre consommation d'énergie de certains secteurs (houillère, sidérurgie, etc.) et la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux dans le secteur sidérurgique ont aussi contribué à la forte baisse des émissions.

La baisse des émissions constatée au niveau des procédés industriels entre 2019 et 2020 est principalement due au recul d'activité d'un site précédemment fortement émetteur. Les émissions de nickel sont relativement stables entre 2020 et 2021 et remontent entre 2021 et 2022, mais restent inférieures à celles de 2019.

**2.2.5 Cuivre (Cu)**

**2.2.5 Cu**

Le cuivre est majoritairement émis par le secteur des transports et par les aciéries.

Tableau 19 : Emissions de Cu par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	223,4	260,0	274,1	267,2	259,1	256,1	221,1	225,2	238,1	77%	7%	6%
<b>Procédés industriels</b>	54,7	64,5	63,1	66,8	67,4	70,6	57,4	63,1	71,7	23%	31%	14%
<b>Agriculture</b>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-68%	-1%
<b>Déchets</b>	6,9	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0%	-88%	-6%
<b>Autres</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>285,1</b>	<b>326,0</b>	<b>338,5</b>	<b>335,0</b>	<b>327,6</b>	<b>327,6</b>	<b>279,5</b>	<b>289,2</b>	<b>310,6</b>	<b>100%</b>	<b>9%</b>	<b>7%</b>

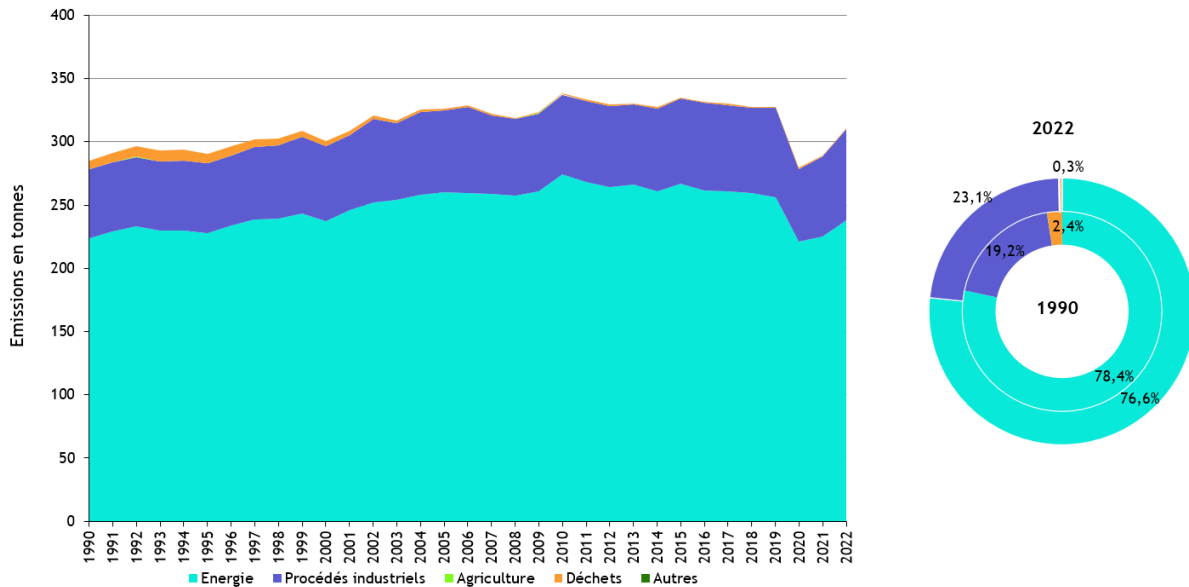


Figure 17 : Evolution et répartition des émissions de Cu en France métropolitaine

Analyse des tendances :

Plusieurs secteurs ont vu leurs émissions décroître sur la période :

- l'énergie de l'industrie manufacturière, principalement du fait du sous-secteur des métaux ferreux et, en particulier, des aciéries électriques à la suite de la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux ;
- la transformation de l'énergie, à la suite de la mise en conformité progressive des usines d'incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie (mise en place de dépoussiéreurs),
- le résidentiel/tertiaire, essentiellement du fait de l'amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois.

Par contre, deux secteurs ont vu leurs émissions croître sur la période : les transports (abrasions) et les procédés industriels.

La forte baisse constatée entre 2019 et 2020 est due à la crise sanitaire, ayant principalement impacté le secteur des transports et de l'industrie. Les émissions remontent chaque année entre 2020 et 2022 mais restent inférieurs au niveau de 2019.

### 2.2.6 Arsenic (As)

#### 2.2.6 As

L'arsenic est principalement émis par la combustion de combustibles fossiles solides, de fioul lourd et de carburants, par la production de verre, la métallurgie des métaux ferreux et non ferreux.

Tableau 20 : Emissions de As par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	14,8	12,1	8,4	6,1	6,0	5,8	4,9	5,5	5,4	97%	-64%	-3%
<b>Procédés industriels</b>	2,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2%	-96%	-15%
<b>Agriculture</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-64%	1%
<b>Déchets</b>	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2%	-82%	-10%
<b>Autres</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>17,5</b>	<b>12,7</b>	<b>8,8</b>	<b>6,3</b>	<b>6,2</b>	<b>6,0</b>	<b>5,1</b>	<b>5,7</b>	<b>5,5</b>	<b>100%</b>	<b>-68%</b>	<b>-3%</b>

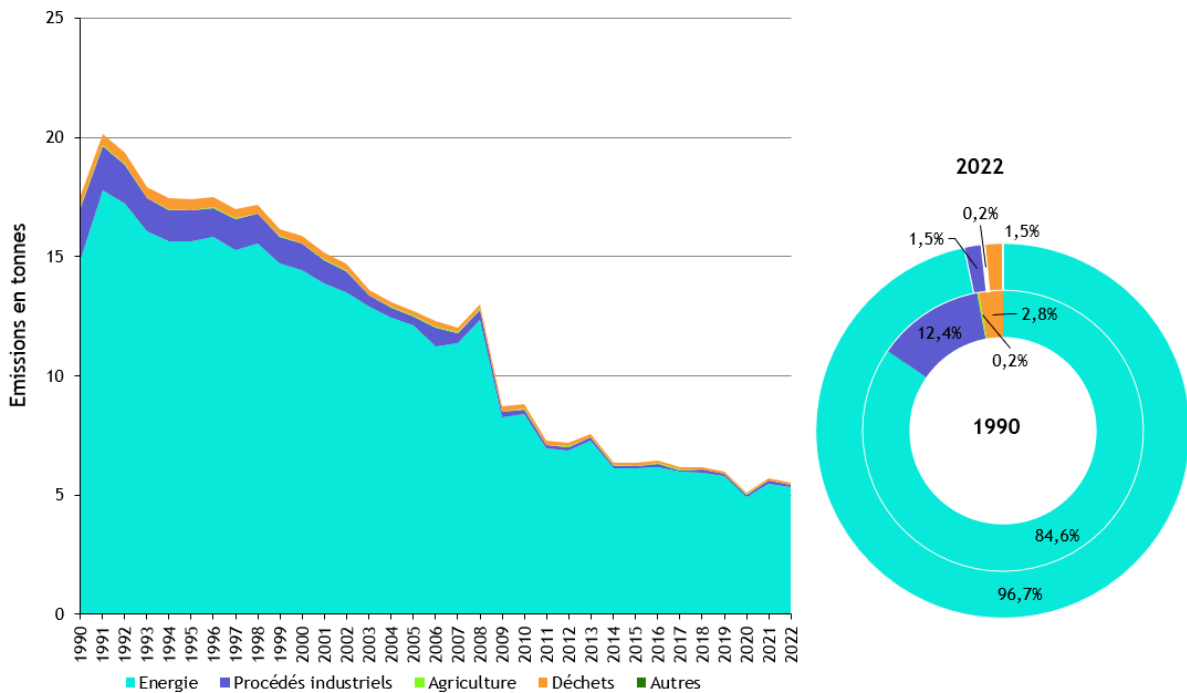


Figure 18 : Evolution et répartition des émissions de As en France métropolitaine



Analyse des tendances :

La baisse constatée en énergie concerne principalement les industries manufacturières, avec une très forte baisse de consommation de combustibles minéraux pour la production de verre et une diminution très forte de la consommation de gaz de hauts fourneaux dans les ateliers d'agglomération à partir de 2005. De plus, l'ajout d'arsenic lors du process de production de verre a presque totalement disparu : de l'arsenic peut cependant être émis lors de l'utilisation du verre recyclé (réutilisé dans le process et pouvant encore contenir des traces d'arsenic). Dans le secteur du résidentiel/tertiaire, la forte diminution des émissions est induite par la baisse de la consommation de combustibles minéraux solides.

Le secteur des procédés industriels présente également une baisse, avec la mise en place dans les aciéries électriques de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux.

Enfin, il faut souligner que la crise financière de 2008 a également joué un rôle, entraînant une baisse globale de l'activité industrielle. Comme d'autres métaux lourds, la tendance à la baisse est revenue en 2022 après la crise Covid de 2020.

## 2.2.7 Chrome (Cr)

### 2.2.7 Cr

Le chrome était majoritairement émis par l'industrie manufacturière (fonderies de fonte, aciéries électriques, production de verre). Sur les années récentes, l'énergie est le secteur majoritaire.

Tableau 21 : Emissions de Cr par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	47,1	48,8	40,3	32,7	32,2	31,3	28,9	29,4	28,0	88%	-40%	-5%
<b>Procédés industriels</b>	351,2	12,1	5,9	4,4	3,3	4,6	3,5	2,6	3,4	11%	-99%	32%
<b>Agriculture</b>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-65%	-3%
<b>Déchets</b>	2,4	0,9	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1%	-87%	5%
<b>Autres</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>400,8</b>	<b>61,9</b>	<b>46,9</b>	<b>37,5</b>	<b>35,8</b>	<b>36,2</b>	<b>32,7</b>	<b>32,3</b>	<b>31,8</b>	<b>100%</b>	<b>-92%</b>	<b>-2%</b>

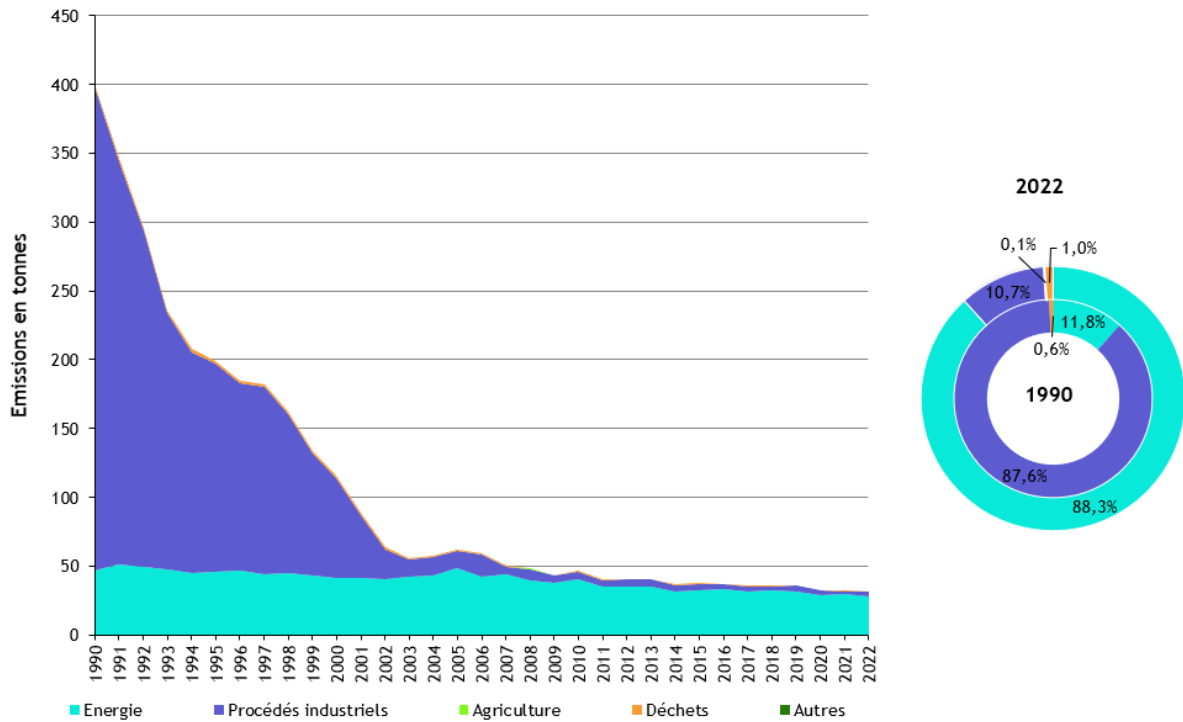


Figure 19 : Evolution et répartition des émissions de Cr en France métropolitaine

Analyse des tendances :

Le chrome a fortement diminué sur la période du fait de l'importante réduction des rejets industriels en particulier dans le domaine de la sidérurgie à la suite de la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux, et du fait de la forte baisse de l'activité sidérurgique en France depuis les années 90.

**2.2.8 Zinc (Zn)**

**2.2.8 Zn**

Les émissions de zinc se retrouvent au niveau du secteur des transports (usure des plaquettes de frein et pneumatiques, abrasion des routes), mais aussi de la combustion de carburants, de fioul lourd, de combustibles minéraux solides et de biomasse, de la métallurgie des métaux ferreux (aciéries électriques) et non ferreux et de l'incinération de déchets.

Tableau 22 : Emissions de Zn par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	640	328	332	309	303	304	276	297	283	75%	-56%	-5%
Procédés industriels	1 349	125	73	68	68	59	48	55	58	15%	-96%	6%
Agriculture	11	10	7	5	4	3	3	3	3	1%	-69%	0%
Déchets	94	48	47	39	41	41	37	33	34	9%	-64%	1%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>2 094</b>	<b>512</b>	<b>460</b>	<b>421</b>	<b>416</b>	<b>408</b>	<b>364</b>	<b>388</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>	<b>-82%</b>	<b>-3%</b>

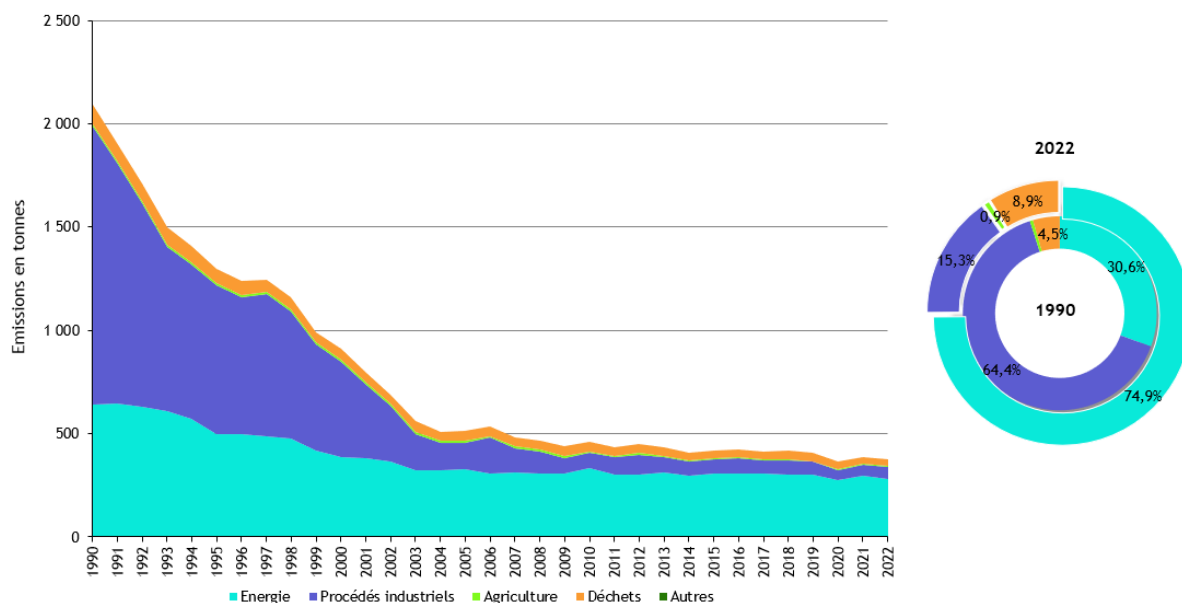


Figure 20 : Evolution et répartition des émissions de Zn en France métropolitaine

### Analyse des tendances :

Tout comme le chrome, le zinc a fortement diminué sur la période du fait de l'importante réduction des rejets industriels en particulier dans le domaine de la sidérurgie à la suite de la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux, et la baisse de cette activité. Contribue également à la baisse l'arrêt depuis 2002 de l'activité de production de zinc de deuxième fusion.

## 2.2.9 Sélénium (Se)

### 2.2.9 Se

Les émissions de sélénium sont induites en grande majorité par la production de verre.

Tableau 23 : Emissions de Se par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	12,4	12,0	10,3	9,7	9,3	9,1	8,0	8,9	8,6	95%	-31%	-4%
Procédés industriels	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	5%	21%	8%
Agriculture	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-66%	-1%
Déchets	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-89%	0%
Autres	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>12,8</b>	<b>12,5</b>	<b>10,8</b>	<b>10,2</b>	<b>9,8</b>	<b>9,6</b>	<b>8,4</b>	<b>9,4</b>	<b>9,0</b>	<b>100%</b>	<b>-30%</b>	<b>-3%</b>

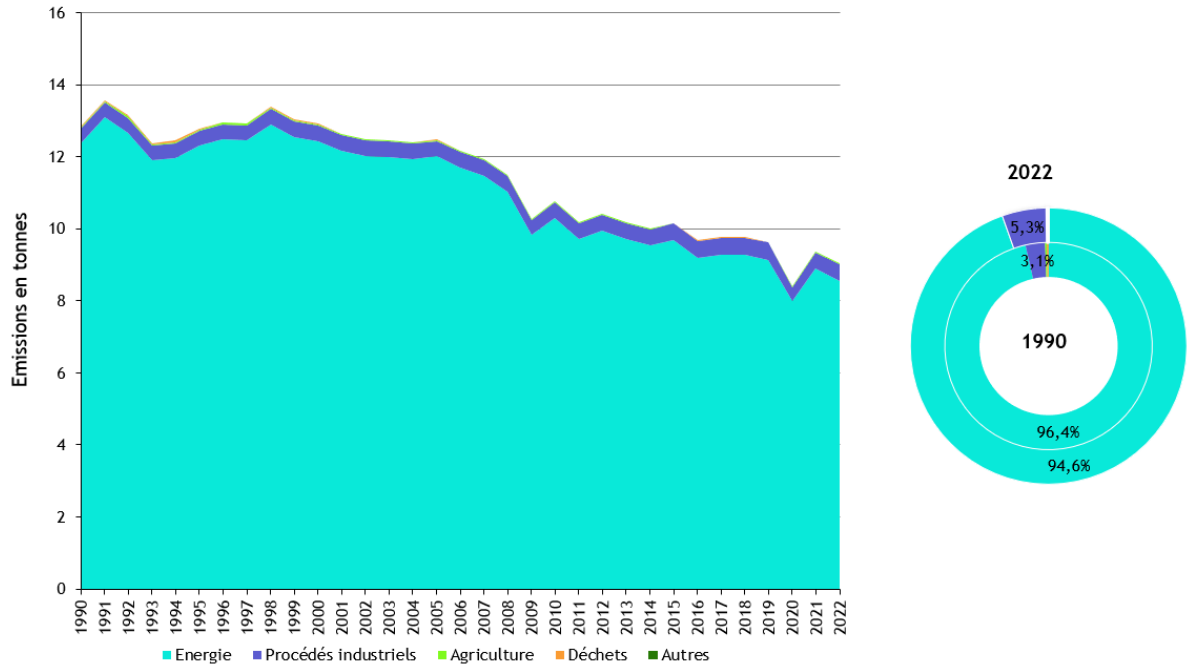


Figure 21 : Evolution et répartition des émissions de Se en France métropolitaine

Analyse des tendances :

L'évolution des émissions est induite par les variations de la production de verre : le sélénium est en effet ajouté au process pour la coloration du verre. La légère hausse constatée dans le secteur des procédés industriels est liée aux émissions non énergétiques issues des huiles dans les moteurs 4 temps.

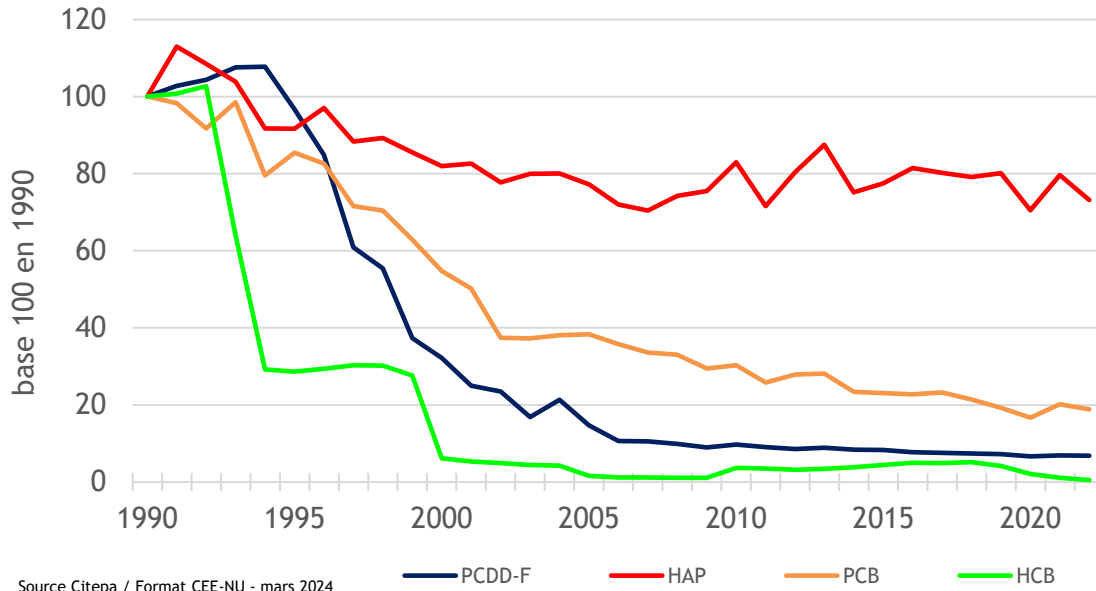
Pour rappel, la forte baisse constatée entre 2019 et 2020 est due à la crise sanitaire, ayant principalement impacté le secteur des transports et de l'industrie. Les émissions remontent entre 2020 et 2021 sans pour autant atteindre les niveaux de 2019, puis reprennent une tendance à la baisse en 2022.

*NB : comme potentiellement pour d'autres secteurs d'activités industriels, pour la production de verre, les déclarations annuelles d'émissions des sites producteurs sont directement prises en compte, mais celles-ci ne distinguent pas les émissions liées à la combustion de celles liées au procédé industriel ; par conséquent, l'ensemble de ces émissions sont rapportées sans distinction dans le secteur combustion de l'industrie (i.e. en énergie, au lieu de les répartir en partie en énergie et en partie en procédé).*

## 2.3 Polluants organiques persistants

### 2.3 Persistent organic pollutant

L'estimation des émissions des **polluants organiques persistants (POP)** s'accompagne d'une très forte incertitude dont il convient de tenir compte dans l'appréciation des informations présentées ci-après. Cependant, cette incertitude est probablement moins importante sur les tendances que sur les niveaux absolus d'émissions. Les émissions sont estimées pour les quatre substances présentées ci-après :



Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

Figure 22 : Evolution des émissions de POP entre 1990 et 2022 (base 100 en 1990)

### 2.3.1 Dioxines et furanes (PCDD-F)

#### 2.3.1 PCDD-F

Les dioxines et furanes sont principalement formés par la combustion à haute température des déchets et des combustibles. On les retrouve dans certains procédés chimiques (synthèse de produits chlorés ; blanchiment de la pâte à papier), lors de l'incinération de déchets.

Tableau 24 : Emissions de PCDD-F en France métropolitaine (g I-Teq)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	1 257,7	178,1	103,5	83,8	67,5	64,3	54,8	58,8	56,3	46%	-96%	-4%
Procédés industriels	30,5	14,9	5,7	2,9	2,9	2,4	2,6	3,2	3,8	3%	-87%	19%
Agriculture	6,2	5,7	4,2	2,8	2,1	1,9	1,9	1,9	1,9	2%	-69%	0%
Déchets	507,4	66,7	61,8	60,9	61,1	61,3	60,4	60,1	60,8	50%	-88%	1%
Autres	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>1 801,8</b>	<b>265,4</b>	<b>175,2</b>	<b>150,4</b>	<b>133,6</b>	<b>130,0</b>	<b>119,7</b>	<b>124,1</b>	<b>122,8</b>	<b>100%</b>	<b>-93%</b>	<b>-1%</b>

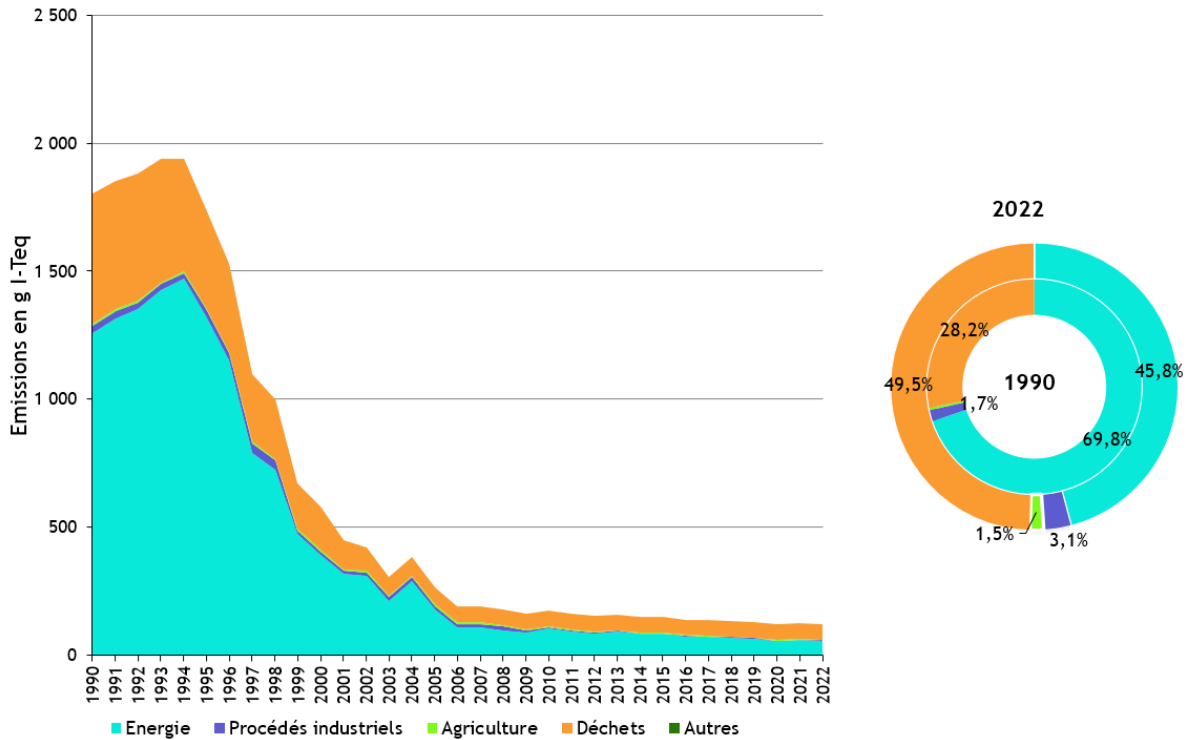


Figure 23 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F en France métropolitaine

Analyse des tendances :

Les baisses les plus significatives des émissions de PCDD-F sont attribuées principalement à l'incinération des déchets (avec et sans récupération d'énergie), et aux procédés énergétiques industriels (sidérurgie, métallurgie).

La forte baisse constatée dans les secteurs de l'énergie et des déchets s'explique par la mise en place de traitements des effluents atmosphériques sur les installations d'incinération avec et sans récupération d'énergie, afin de respecter les nouvelles valeurs limites en PCDD-F définies dans l'arrêté du 20 septembre 2002 (directive européenne 2000/76/CE).

Sur la période 1995-1997, les émissions de dioxines diminuent fortement pour le secteur 1A2a (production de fer et acier), en lien avec l'amélioration du process des chaînes d'agglomération.

Un pic d'émissions est observé en 1994 au niveau du secteur 1A2b : ce pic est lié à l'arrivée d'une nouvelle usine de production de zinc (seconde fusion) au cours de l'année 1993. Depuis 1998, cette usine utilise des équipements de réduction des émissions.

Le pic observé en 2004 est lié au dysfonctionnement d'un incinérateur de déchets non dangereux.

### 2.3.2 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

#### 2.3.2 PAHs

Le principal secteur émetteur de HAP en 2022 est le secteur résidentiel/tertiaire (1A4), principalement du fait de la combustion de biomasse.

Tableau 25 : Emissions de HAP par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	41,9	32,1	34,9	32,7	33,7	33,9	30,1	33,9	31,4	94%	-25%	-7%
Procédés industriels	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1%	-11%	-7%
Agriculture	2,0	1,4	1,1	0,7	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	1%	-76%	-5%
Déchets	1,8	1,7	1,9	1,9	1,9	2,0	1,6	1,9	1,4	4%	-18%	-24%
Autres	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0
<b>Total national</b>	<b>45,9</b>	<b>35,5</b>	<b>38,1</b>	<b>35,5</b>	<b>36,3</b>	<b>36,8</b>	<b>32,4</b>	<b>36,5</b>	<b>33,6</b>	<b>100%</b>	<b>-27%</b>	<b>-8%</b>

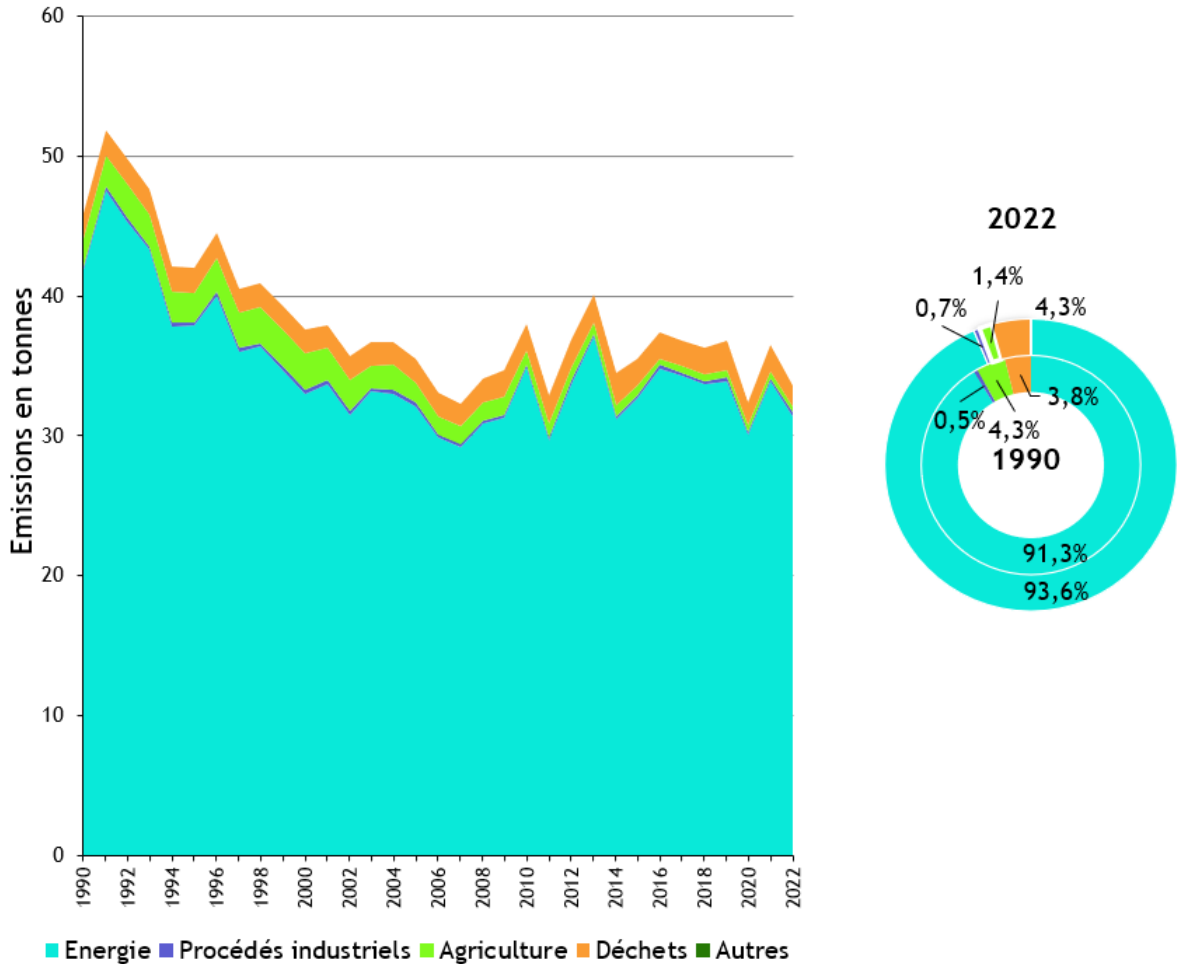


Figure 24 : Evolution et répartition des émissions de HAP en France métropolitaine

Analyse des tendances :

La diminution des rejets de HAP entre 1990 et 2022 s'explique principalement par l'évolution du secteur résidentiel (en particulier la combustion de biomasse, qui s'effectue souvent dans des conditions moins bien maîtrisées, en foyer ouvert par exemple) en lien avec un renouvellement progressif des équipements utilisés dans le secteur domestique. Les émissions sont fortement associées aux conditions climatiques : les pics d'émissions, e.g. en 2010, sont essentiellement dus à l'augmentation de la consommation de bois dans le secteur résidentiel/tertiaire (années au climat froid). A l'inverse, les émissions plus faibles observées en 2011, 2014 et 2020 coïncident avec la douceur climatique exceptionnelle ces années-là.

### 2.3.3 Polychlorobiphényles (PCB)

#### 2.3.3 PCBs

Les principaux secteurs contributeurs en 2022 sont l'industrie de l'énergie, l'industrie manufacturière et le commercial/tertiaire, résidentiel, agriculture/sylviculture/pêche.

*A noter : le traitement centralisé des déchets était un secteur prédominant avec près de 40% des émissions de PCB en 1990).*

Tableau 26 : Emissions de PCB par secteur NFR (kg)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	64,6	44,4	38,5	27,7	25,3	22,3	19,9	23,9	21,8	65%	-66%	-9%
Procédés industriels	13,6	18,3	14,3	12,8	12,1	11,1	9,3	11,5	10,0	30%	-27%	-13%
Agriculture	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
Déchets	99,8	5,5	1,1	0,7	0,8	0,9	0,5	0,5	1,8	5%	-98%	274%
Autres	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>178,0</b>	<b>68,2</b>	<b>53,9</b>	<b>41,1</b>	<b>38,2</b>	<b>34,3</b>	<b>29,7</b>	<b>35,9</b>	<b>33,6</b>	<b>100%</b>	<b>-81%</b>	<b>-6%</b>

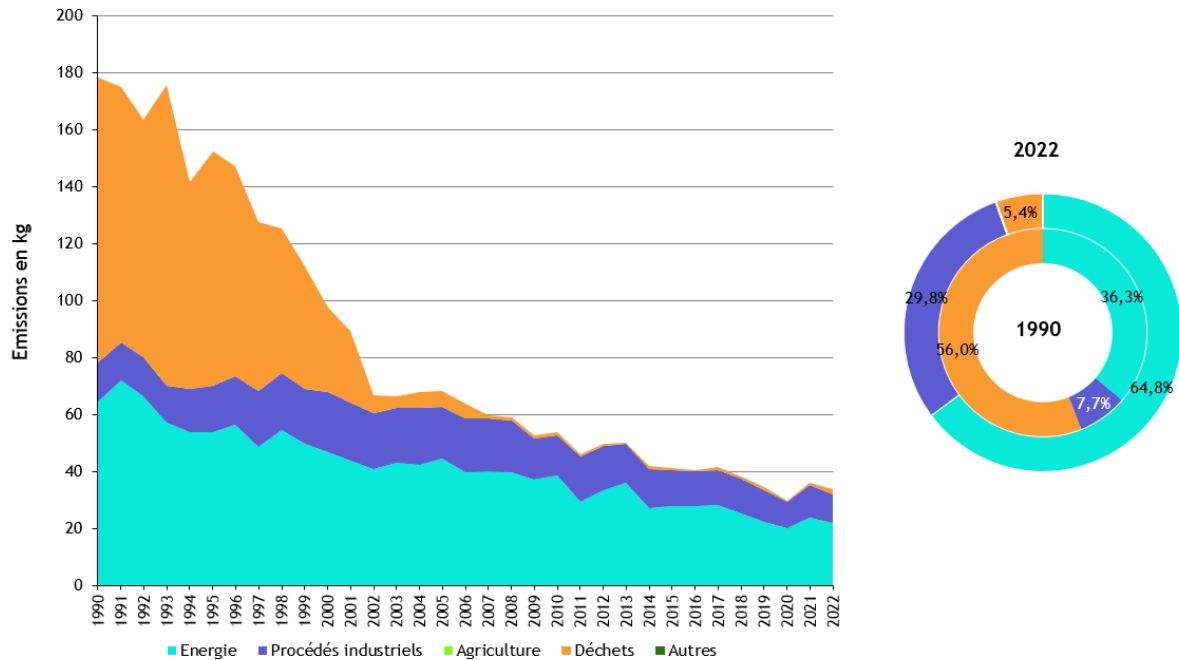


Figure 25 : Evolution et répartition des émissions de PCB en France métropolitaine

#### Analyse des tendances :

La baisse des émissions de PCB entre 1990 et 2022 d'environ 80% résulte principalement du secteur de l'industrie de l'énergie notamment grâce à la mise en place de traitements des effluents atmosphériques sur les installations d'incinération avec récupération d'énergie. Comme pour les PCDD/F, cette baisse s'explique par la mise aux normes des incinérateurs en termes de traitement des fumées dans les années 2000 (arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux déchets dangereux).

La baisse des émissions s'explique également par la réduction de la consommation de charbon pour le commercial/tertiaire, résidentiel, agriculture/sylviculture/pêche. On observe en revanche une légère augmentation des émissions en 2017, conséquence de la reprise de la consommation de charbon d'une centrale. Le secteur résidentiel/tertiaire contribuant à ce polluant, comme pour d'autres POP, les fluctuations interannuelles de l'indice de rigueur climatique impactent les évolutions interannuelles de ces émissions.



### 2.3.4 Hexachlorobenzène (HCB)

#### 2.3.4 HCB

Entre 1990 et 1994, la production d'aluminium émettait de très fortes quantités de HCB. Jusqu'en 2000, le secteur de l'agriculture était responsable de fortes émissions de HCB en raison de l'application de certains pesticides (3Df) aujourd'hui interdits.

En 2022, les secteurs majeurs contributeurs sont le secteur énergétique (NFR1) responsables de 54% des émissions et les déchets, qui représentent 27% des émissions. L'agriculture (NFR 3), n'est plus une source importante de HCB en 2022 et ne représente plus que 4 % du HCB émis.

Tableau 27 : Emissions de HCB par secteur NFR (kg)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	1 140,1	4,1	4,3	4,3	4,4	4,3	4,2	4,4	4,3	54%	-100%	-2%
Procédés industriels	1,6	1,8	1,9	1,8	2,2	1,7	1,1	1,6	1,2	15%	-24%	-22%
Agriculture	438,3	12,5	51,1	63,4	76,4	59,6	26,9	10,4	0,3	4%	-	-97%
Déchets	55,7	7,3	2,4	2,4	1,6	2,4	2,5	2,2	2,2	27%	-96%	0%
Autres	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
Total national	1 635,7	25,7	59,7	71,9	84,6	68,0	34,6	18,5	8,0	100%	-100%	-57%

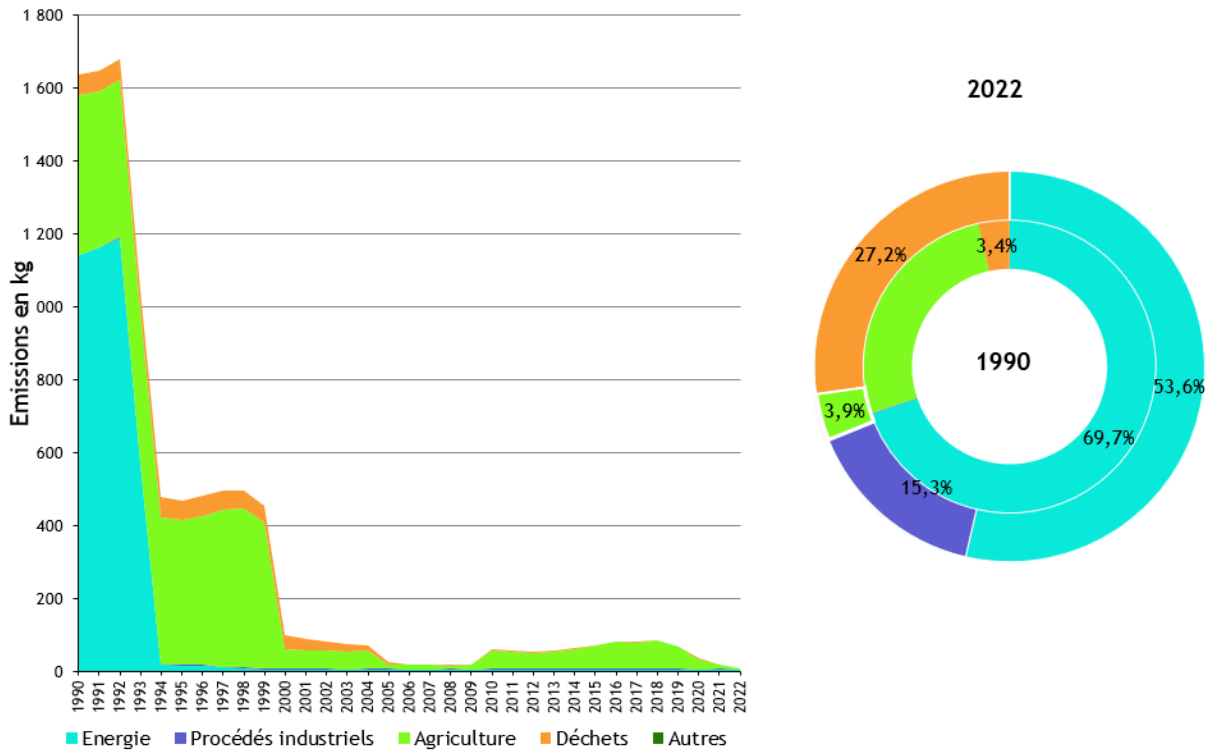


Figure 26 : Evolution et répartition des émissions de HCB en France métropolitaine

#### Analyse des tendances :

Les émissions de HCB ont diminué de 99% entre 1990 et 2022. Cette baisse est essentiellement imputable à l'industrie de l'aluminium, dont les émissions de HCB ont cessé en 1994. Dans l'industrie, le chlore était utilisé pour affiner l'aluminium en éliminant les traces de magnésium. Jusqu'au début des années 1990, l'hexachloroéthane était utilisé comme apport de chlore, qui était à l'origine des émissions de HCB. L'hexachloroéthane a été interdit en 1993 dans l'affinage de l'aluminium de seconde fusion. Or cette source d'émissions de HCB était début 1990 la source dominante de HCB de l'inventaire

national. Après 1993, avec cette interdiction, cette activité de production d'aluminium de seconde fusion n'émet plus de HCB.

La mise aux normes des usines d'incinération des déchets non dangereux a également contribué à la baisse des émissions de HCB.

Les émissions de HCB liées aux pesticides (NFR 3Df) sont estimées pour la période 1990-2022. Entre 1990 et 2008, les émissions de HCB du secteur diminuent fortement. Ces émissions augmentent ensuite légèrement entre 2008 et 2017. Depuis, les émissions sont en baisse et cette tendance devrait se poursuivre en raison du non-renouvellement de l'approbation du chlorothalonil. En effet, l'approbation européenne du chlorothalonil, qui concentre la majeure partie des émissions estimées de HCB, n'a pas été renouvelée (règlement UE 2019/677 du 29/04/2019). En conséquence, les États Membres retirent les autorisations de mise en marché au plus tard le 20 novembre 2019 avec un délai de grâce le plus court possible et au plus tard le 20 mai 2020. Cela explique le fort recul depuis 2019 et la disparition en 2022 des émissions de HCB en provenance de cette substance.

## 2.4 Particules

### 2.4 Particules

Les émissions de **poussières** (particules) concernent les poussières totales en suspension (TSP) ainsi que les particules de diamètre inférieur à 10 microns et à 2,5 microns (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>). Le carbone suie, ou Black Carbon (BC) s'ajoute à cette liste : il fait partie des PM<sub>2,5</sub> et est émis lors des phénomènes de combustion incomplètes de combustibles fossiles ou de la biomasse.

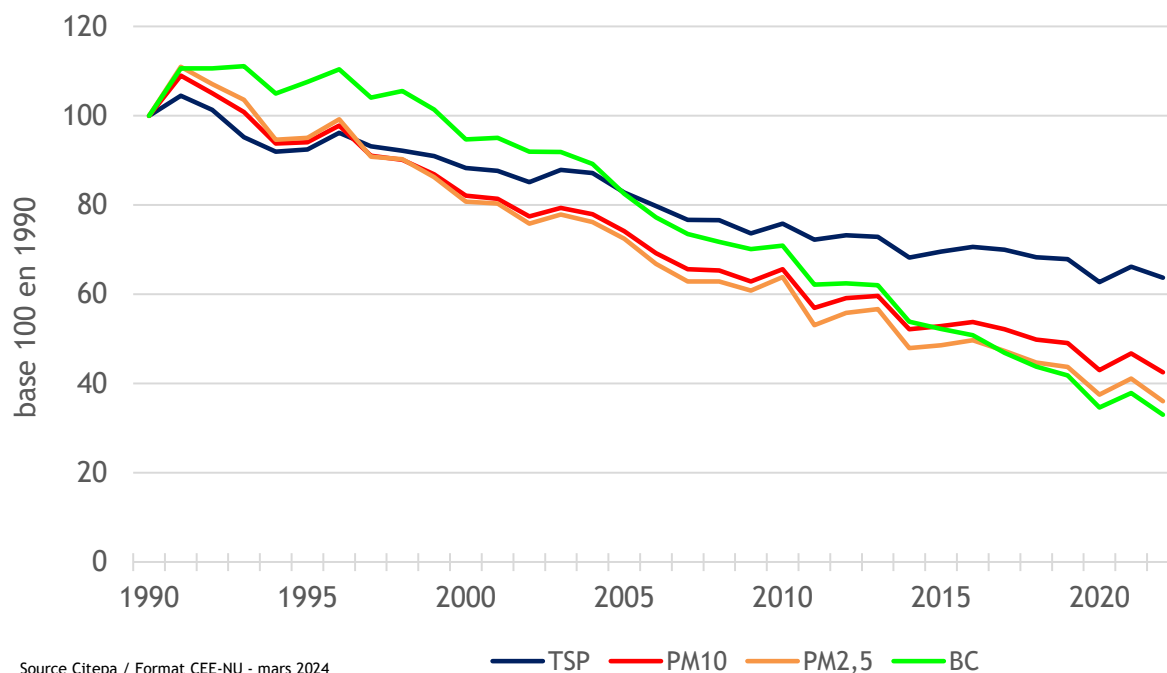


Figure 27 : Evolution des émissions de particules entre 1990 et 2022 (base 100 en 1990)

### 2.4.1 Particules totales en suspension (TSP)

#### 2.4.1 TSP

En 2022, les principaux secteurs émetteurs sont l'agriculture (NFR 3) principalement du fait des labours des cultures, les procédés industriels (NFR 2) en lien avec les activités du bâtiment et de la construction (chantiers), ainsi que l'extraction des roches dans les carrières, et le résidentiel (NFR

1A4) du fait de la combustion de bois dans les équipements domestiques.

Tableau 28 : Emissions de TSP par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
Energie	487	347	301	224	205	199	169	186	164	21%	-66%	-12%
Procédés industriels	290	234	185	171	185	187	162	183	184	23%	-37%	0%
Agriculture	457	438	445	458	448	447	440	443	436	55%	-5%	-2%
Déchets	18	17	18	17	16	17	14	16	14	2%	-21%	-14%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>1 251</b>	<b>1 036</b>	<b>949</b>	<b>870</b>	<b>854</b>	<b>849</b>	<b>785</b>	<b>828</b>	<b>797</b>	<b>100%</b>	<b>-36%</b>	<b>-4%</b>

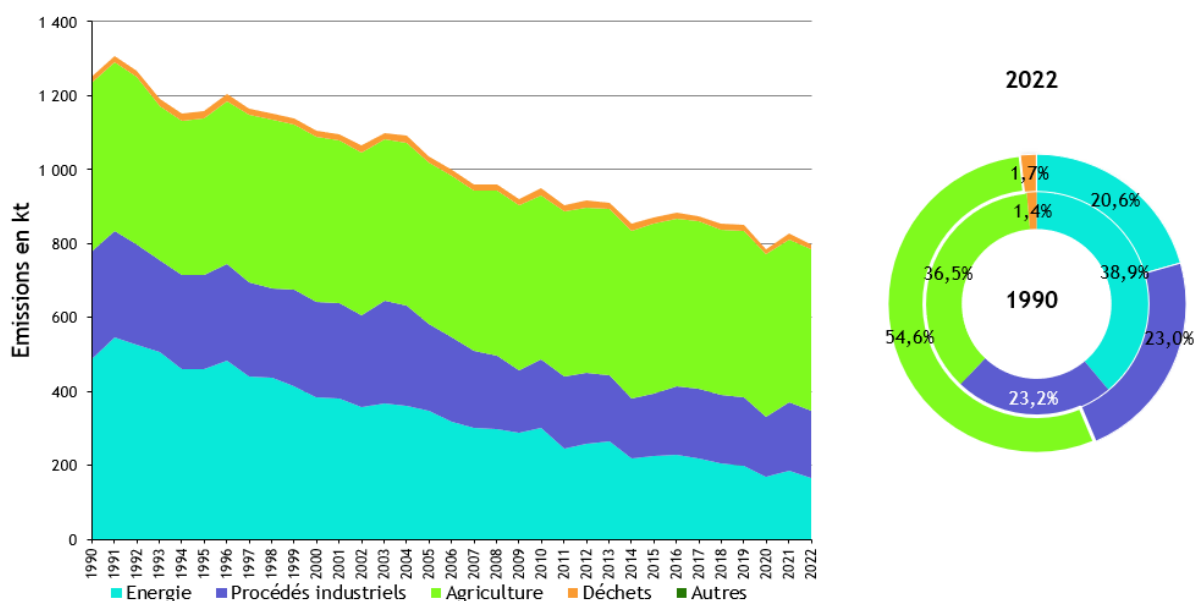


Figure 28 : Evolution et répartition des émissions de TSP en France métropolitaine

Analyse des tendances :

La baisse des émissions de TSP entre 1990 et 2022 est essentiellement liée à l'amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois dans le secteur résidentiel. Le secteur des transports contribue également à la baisse observée du fait de l'amélioration du parc, de la part croissante de véhicules diesel équipés de filtre à particules ces dernières années, de la mise en place des normes Euro et du renforcement de ces normes ces dernières années.

Dans le secteur industriel, les réductions se retrouvent principalement au sein du secteur de la production minérale et s'expliquent par la mise en place de dépoussiéreurs sur plusieurs sites. La baisse de l'activité dans le secteur du bâtiment à la suite de la crise économique de 2008 contribue également à l'évolution constatée. Concernant la métallurgie, la baisse s'explique par les progrès réalisés dans les aciéries électriques par les sidérurgistes.

Seules les émissions de TSP du secteur agricole, directement en lien avec la surface des terres arables, présentent une forte stabilité (-5% sur la période 1990-2022).

Pour rappel, la baisse constatée entre 2019 et 2020 est due à la crise sanitaire, ayant principalement impacté le secteur des transports et de l'industrie. Les émissions de TSP remontent en 2021 par rapport à 2020 mais sont néanmoins inférieures à celle de 2019. En 2022, les émissions de TSP

continuent de diminuer par rapport à 2021, confirmant la tendance à la baisse observée depuis le début des années 90.

## 2.4.2 PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>

### 2.4.2 PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> ont diminué entre 1990 et 2022, respectivement de 58% et 64%. Ces évolutions s'expliquent globalement par les mêmes raisons que pour les TSP.

La répartition par secteur varie selon la taille des particules : en fonction de la nature des mécanismes de formation mis en jeu, ces derniers entraînent la formation de particules plus ou moins grossières. Les particules fines (inférieures à 2.5 microns) sont principalement émises lors de phénomènes de combustion : plus les particules sont fines, plus la contribution du secteur énergétique augmente.

A noter : le pic observé en 1991 (maximum observé sur la période d'étude) est notamment dû à une forte consommation de bois dans le secteur résidentiel/tertiaire en réponse à un hiver très rigoureux.

Tableau 29 : Emissions de PM<sub>10</sub> par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	447	314	272	200	182	176	150	164	143	57%	-68%	-13%
<b>Procédés industriels</b>	81	60	51	48	51	51	45	49	49	19%	-40%	-1%
<b>Agriculture</b>	50	50	50	50	49	49	48	49	48	19%	-5%	-3%
<b>Déchets</b>	17	17	18	17	16	16	14	16	14	5%	-20%	-14%
<b>Autres</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>596</b>	<b>441</b>	<b>391</b>	<b>315</b>	<b>297</b>	<b>292</b>	<b>256</b>	<b>279</b>	<b>253</b>	<b>100%</b>	<b>-58%</b>	<b>-9%</b>

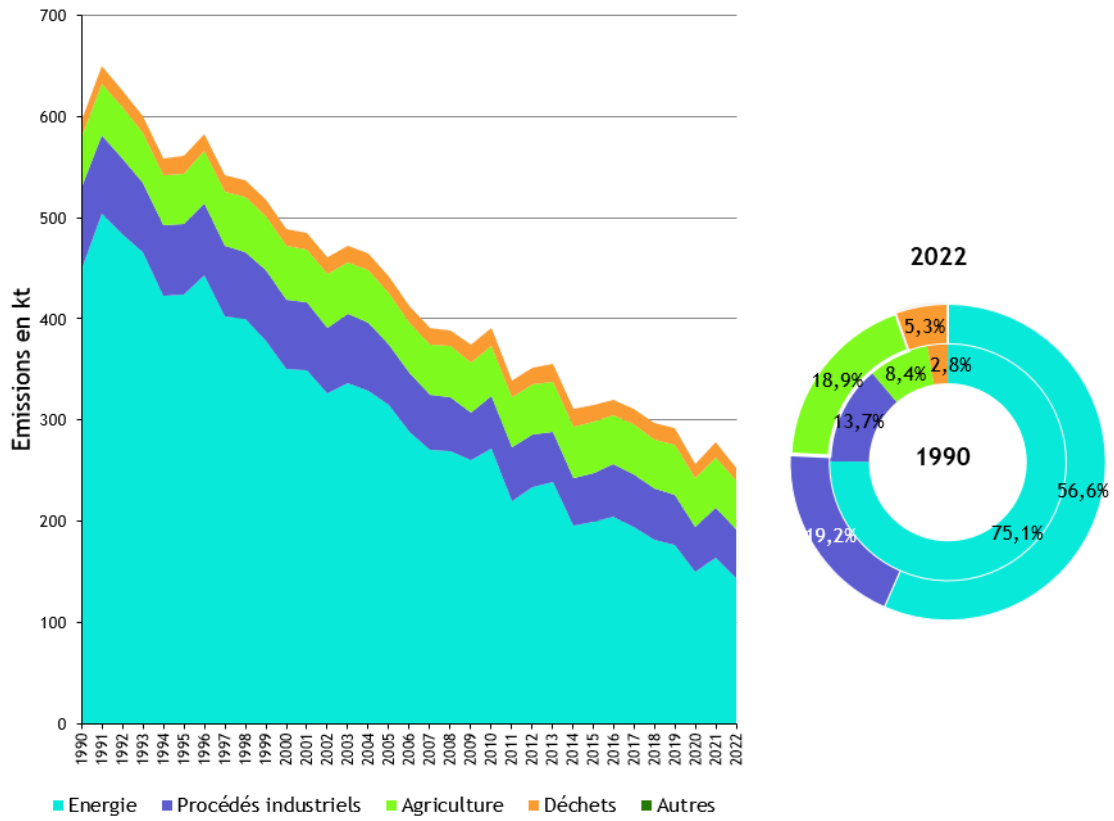


Figure 29 : Evolution et répartition des émissions de PM<sub>10</sub> en France métropolitaine

Tableau 30 : Emissions de PM<sub>2,5</sub> par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	413	292	253	184	166	161	137	150	129	76%	-69%	-14%
<b>Procédés industr</b>	31	24	22	20	21	21	19	20	20	12%	-36%	-1%
<b>Agriculture</b>	12	10	10	9	8	8	8	8	8	5%	-33%	-3%
<b>Déchets</b>	16	16	17	16	15	16	14	15	13	8%	-17%	-14%
<b>Autres</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>472</b>	<b>342</b>	<b>301</b>	<b>229</b>	<b>211</b>	<b>206</b>	<b>177</b>	<b>194</b>	<b>170</b>	<b>100%</b>	<b>-64%</b>	<b>-12%</b>

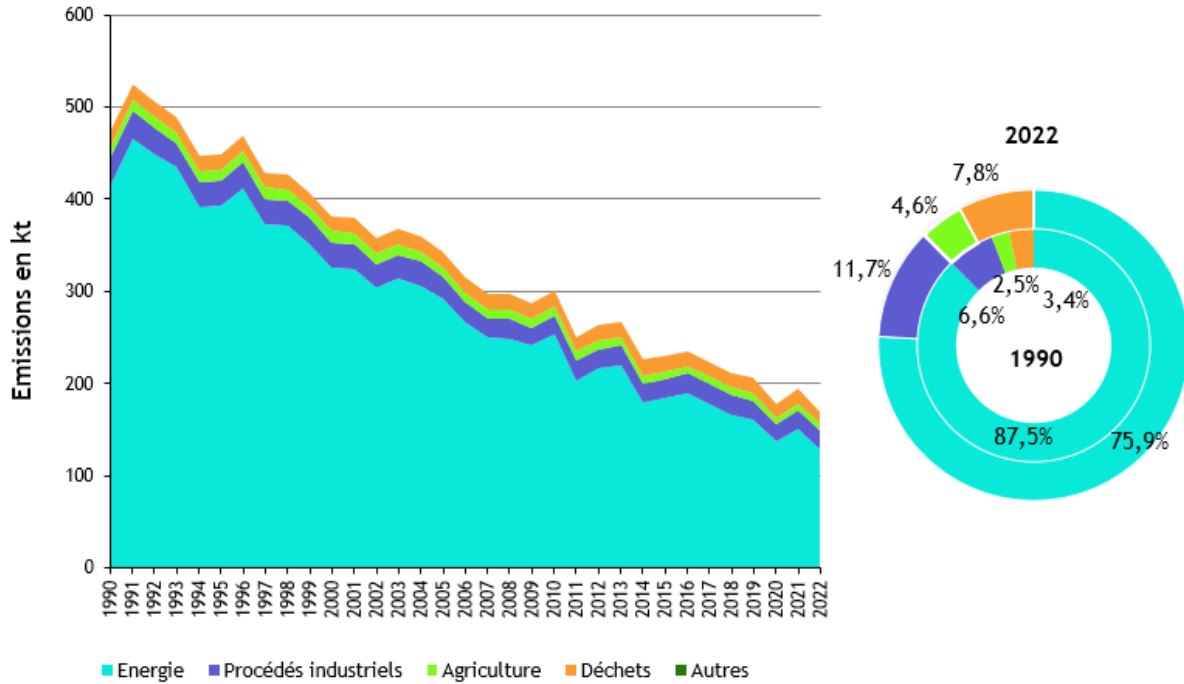


Figure 30 : Evolution et répartition des émissions de PM<sub>2.5</sub> en France métropolitaine

### 2.4.3 Black Carbon (BC)

#### 2.4.3 BC

Les émissions de **black carbon (BC)** ont diminué de 67% entre 1990 et 2022 : il s'agit d'une composante des particules, issue des processus de combustion incomplète (les suies, dans leur ensemble, sont constituées de carbone suie et de carbone organique). Les émissions de ce polluant sont induites principalement par le transport routier, dû en grande majorité à la combustion de diesel, le résidentiel/tertiaire, dont la principale source est la combustion de bois et enfin l'agriculture, du fait du brûlage à l'air libre des résidus de récolte.

Tableau 31 : Emissions de BC par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	Part en 2022	Evolution 2022/1990	Evolution 2022/2021
<b>Energie</b>	77,8	63,3	53,6	38,6	31,9	30,1	25,0	27,1	24,0	88%	-69%	-11%
<b>Procédés industrie</b>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0%	-68%	6%
<b>Agriculture</b>	1,9	1,7	1,3	0,9	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	2%	-69%	-1%
<b>Déchets</b>	2,5	2,8	3,4	3,5	3,3	3,6	2,9	3,4	2,6	9%	3%	-26%
<b>Autres</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%	-	-
<b>Total national</b>	<b>82,3</b>	<b>67,9</b>	<b>58,3</b>	<b>43,0</b>	<b>36,0</b>	<b>34,4</b>	<b>28,5</b>	<b>31,2</b>	<b>27,2</b>	<b>100%</b>	<b>-67%</b>	<b>-13%</b>

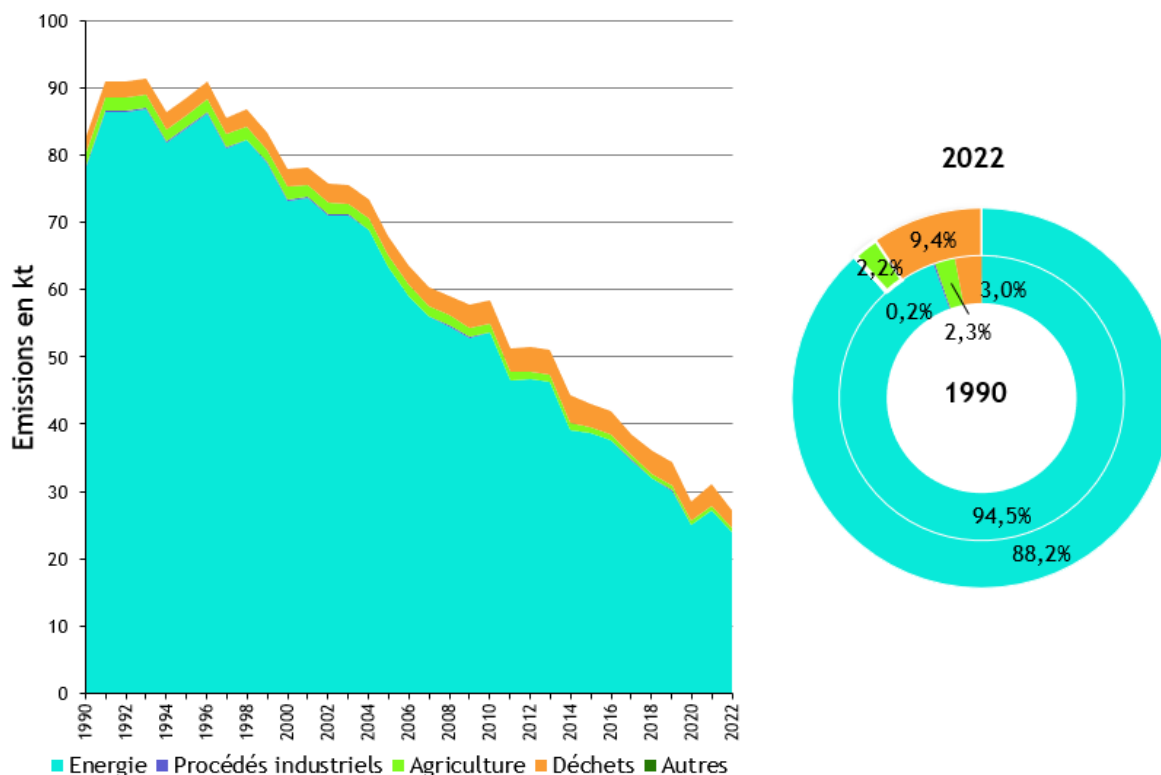


Figure 31 : Evolution et répartition des émissions de BC en France métropolitaine

#### Analyse des tendances :

La baisse des émissions de BC entre 1990 et 2022 est liée notamment à l'amélioration des performances des équipements individuels brûlant du bois dans le secteur résidentiel. Cette baisse est liée également au secteur du transport routier dont les émissions sont en constante régression, en partie due aux mesures mises en place pour la combustion de carburants à l'échappement. En revanche, les émissions de carbone suie liées à l'usure de la route, des pneus et des freins, stagnent, voire augmentent légèrement.

### 3. Energie (Secteur NFR 1)

#### 3. Energy

Le secteur énergie regroupe les émissions liées à la consommation d'énergie des industries de l'énergie (producteurs d'énergie : les centrales électriques, les raffineries de pétrole et la production de combustibles solides et gazeux notamment), les industries manufacturières, les transports mais également la consommation d'énergie du secteur résidentiel/tertiaire et de l'agriculture. Il faut ajouter les émissions dites fugitives en provenance, d'une part, de l'élaboration des produits pétroliers et, d'autre part, de l'extraction et de la distribution des combustibles (mines, réseaux de transport de gaz naturel, stations-services, etc.).

L'une des principales bases d'information pour le secteur NFR1 est le bilan énergétique national réalisé chaque année par le Service de la Donnée et des Etudes Statistiques (SDES). Ce bilan fourni au Citepa est non corrigé du climat et concerne la Métropole uniquement. Les usages à des fins énergétiques du charbon, des produits pétroliers, des gaz et des énergies renouvelables sont comptabilisés pour les différents secteurs présentés dans le tableau ci-dessous. Un autre poste du bilan est consacré à leurs usages non énergétiques. Néanmoins, ces consommations font l'objet d'un traitement particulier par le Citepa (cf. chapitre 3.2.3 du NIR). Ces bilans annuels sont construits à

partir des retours d'enquêtes annuelles, voire mensuelles auprès des producteurs et des utilisateurs d'énergie.

Le Citepa et les équipes du SDES en charge de l'élaboration du bilan de l'énergie, travaillent ensemble afin d'affiner la prise en compte des statistiques énergétiques nationales dans l'estimation des émissions en France.

En 2017, le SDES a réalisé une refonte de son bilan de l'énergie. Cette refonte a notamment été l'occasion d'opérer plusieurs changements méthodologiques dans la comptabilisation de certains flux, afin de rapprocher les concepts utilisés dans le bilan national de ceux retenus par l'Agence internationale de l'énergie.

Dans le cadre de l'utilisation de ces données dans l'inventaire, cette refonte présente des résultats plus détaillés que ceux utilisés auparavant avec des découpages par secteur plus proches de ceux imposés par les tables NFR.

Les données du SDES sont généralement complétées par d'autres sources de données plus sectorielles afin d'affiner les données relatives aux différents postes à prendre en compte dans l'élaboration de l'inventaire. Ces autres sources d'informations sont cohérentes avec le bilan établi par le SDES. Il s'agit notamment des données du Comité Professionnel du Pétrole (CPDP) qui détaille les consommations par type de combustibles pour le pétrole raffiné, des statistiques de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN), des données de consommations des sites traités individuellement (déclaration annuelle des rejets), etc.

**Tableau 32 : Correspondance des secteurs bilan de l'énergie français / NFR**

Secteur bilan énergie SDES	Secteur NFR
<b>Consommation de la branche transformation</b>	
<i>Centrales d'électricité / de cogénération / calogènes (activité principale et autoproduction)</i>	1A1a (production centralisée d'électricité, production de chaleur du chauffage urbain, autoproduction d'électricité du chauffage urbain et UIDND avec récupération d'énergie), 1A2 (autoproduction d'électricité)
<i>Hauts-fourneaux</i>	1A2a, 1B1b, 2C (distinction entre les usages énergétiques et non énergétiques de CMS par bilan matière)
<i>Autres transformations</i>	1A1c
<b>Consommation finale d'énergie</b>	
<i>Sidérurgie</i>	1A2a, 1B1b, 2C (distinction entre les usages énergétiques et non énergétiques de CMS par bilan matière)
<i>Industrie (chimique, métaux non ferreux, produits minéraux, agroalimentaire, papier, construction, etc.)</i>	1A2 hors 1A2a
<i>Transports (hors soutes maritimes internationales)</i>	1A3, 1A4b (pour les EMNR essence et diesel routier uniquement)
<i>Commerce et services publics Résidentiel</i>	1A4a, 1A4b
<i>Agriculture/Sylviculture Pêche</i>	1A4c
<i>Non-spécifié (dont militaire)</i>	1A5



**Comparaison avec les données Eurostat**

La comparaison entre les données de consommation d'énergie utilisées pour estimer les émissions de polluants et celles publiées par Eurostat n'est pas incluse ici, mais il est important de noter que ces données proviennent d'une seule et même source à savoir le bilan de l'énergie, au format AIE, produit par le MTECT. Ainsi, les données utilisées pour estimer les émissions liées aux consommations énergétiques sont bien cohérentes avec celles publiées par Eurostat.

**Tableau 33 : Emissions du secteur énergie en France (métropole) en 2022**

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

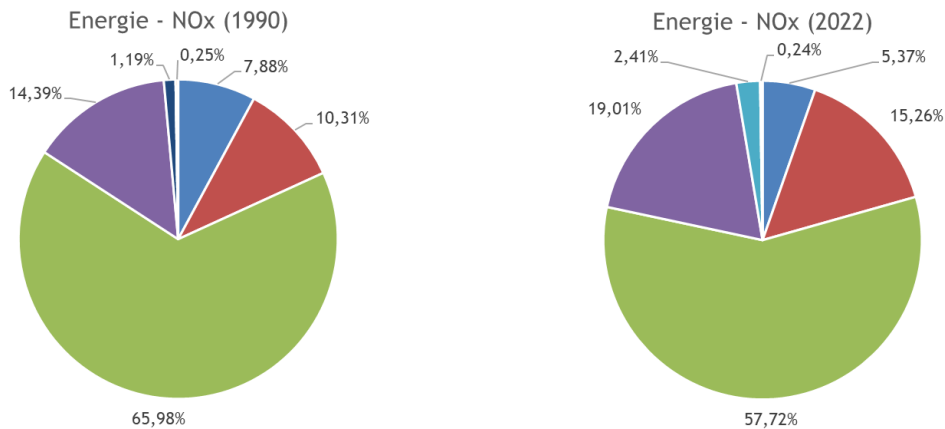
unece.xlsx /recap\_energie

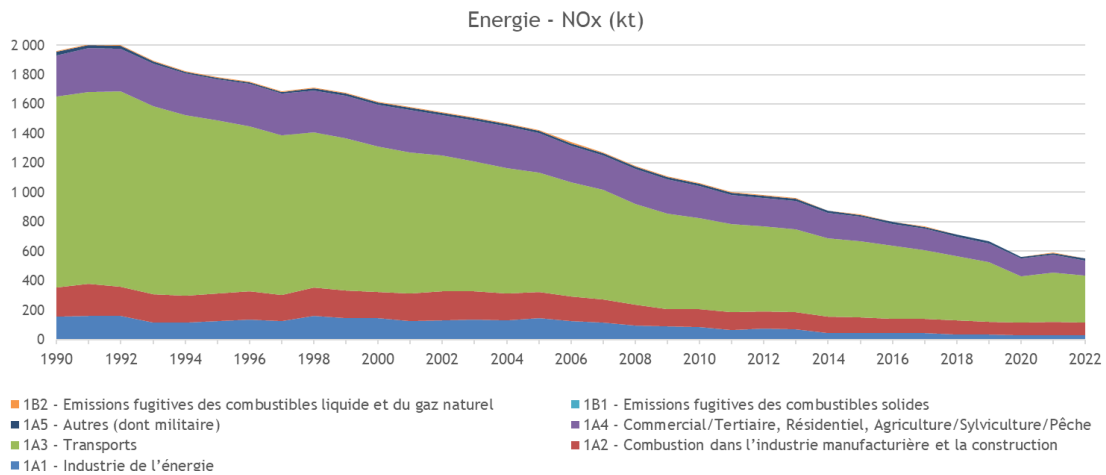
Substances	Unités	Emissions (*) 2022	Contributions au total national (%) en 2022
SO <sub>2</sub>	Gg	80	90%
NO <sub>x</sub>	Gg	552	79%
NH <sub>3</sub>	Gg	20	3,9%
COVNM	Gg	236	22%
CO	Gg	2 025	83%
As	Mg	5,4	97%
Cd	Mg	1,6	60%
Cr	Mg	28	88%
Cu	Mg	238	77%
Hg	Mg	1,9	76%
Ni	Mg	17	80%
Pb	Mg	81	92%
Se	Mg	9	95%
Zn	Mg	283	75%
PCDD/F	g iTEQ	56	46%
HAP	Mg	31	94%
PCB	kg	22	65%
HCB	kg	4,3	54%
TSP	Gg	164	21%
PM <sub>10</sub>	Gg	143	57%
PM <sub>2,5</sub>	Gg	129	76%
BC	Gg	24	88%

(\*) correspond au "total national" tel que défini dans le NFR excluant les memo items / corresponds to the "national total" as defined in the NFR excluding memo items

**Analyse des tendances**

**Emissions de NO<sub>x</sub>**





**Figure 32 : Evolution et répartition des émissions de NO<sub>x</sub> du secteur énergie (kt)**

Depuis 1990, le principal secteur émetteur de NO<sub>x</sub> est celui des transports (secteur 1A3). Les émissions qui y sont associées sont en baisse depuis 1993, malgré l'accroissement du parc et de la circulation. Cette réduction globale des émissions du secteur des transports est à mettre en parallèle avec la mise en place, depuis 1970, des normes européennes d'émission. Ces réglementations fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants, et intègrent les rejets de NO<sub>x</sub> pour les véhicules neufs mis en service. Cette baisse est principalement liée au renouvellement du parc de véhicules et à l'équipement progressif des véhicules en pots catalytiques. Ainsi, les progrès réalisés au sein du secteur parviennent à contrebalancer l'intensification du trafic. La tendance à la baisse des émissions de NO<sub>x</sub> dans le secteur des transports devrait se poursuivre au cours des prochaines années grâce à la mise en œuvre de normes de plus en plus strictes concernant les rejets de polluants.

Les émissions des autres secteurs connaissent également une évolution à la baisse, expliquée par :

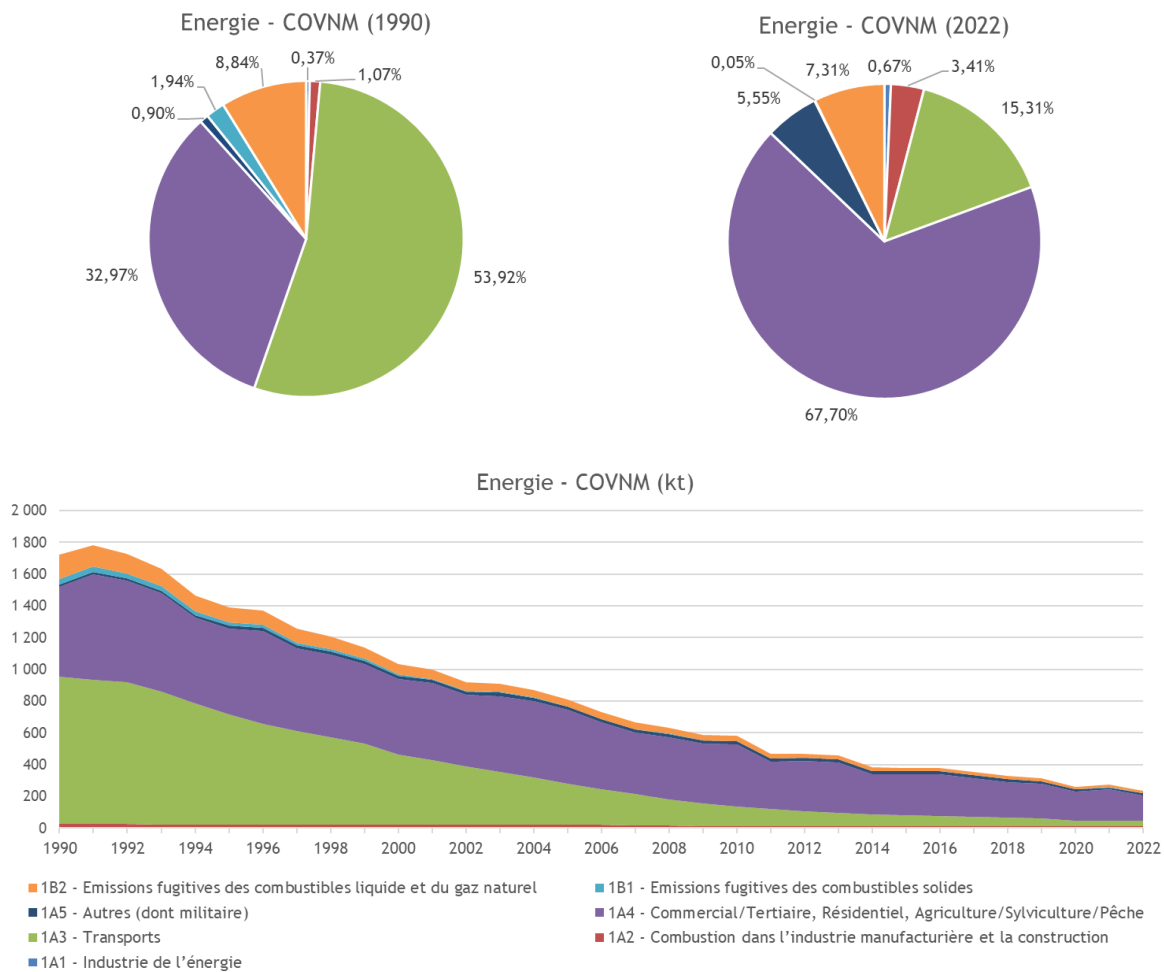
- une meilleure performance énergétique des installations industrielles ;
- la mise en place du programme électronucléaire et le développement d'énergies renouvelables ;
- le renouvellement du parc des engins mobiles non routiers de l'agriculture/sylviculture et de l'industrie (particulièrement dans le sous-secteur du BTP) ;
- la mise en place dans l'industrie et les installations de combustion de systèmes de traitement primaires et secondaires conformément à la directive GIC et à d'autres réglementations (petites et moyennes installations de combustion, arrêté du 2 février 1998 modifié, directive 2010/75/UE dite « IED »).

Pour le secteur 1A4, si la tendance générale des émissions de NO<sub>x</sub> est à la baisse depuis plusieurs années, certaines années sont marquées par une augmentation des émissions. Cela s'explique par un indice de rigueur climatique plus élevé, par rapport à d'autres années marquées par un climat plus doux. Ceci souligne la sensibilité des émissions aux aléas climatiques.

La part des émissions de NO<sub>x</sub> liée à des émissions fugitives (secteurs 1B) reste marginale sur l'ensemble de la période considérée.

Enfin, la crise sanitaire et le confinement ont fortement affecté l'évolution des émissions de NO<sub>x</sub> du secteur NFR Energie qui ont baissé de 16 % entre 2019 et 2020 pour ré-augmenter de 5% entre 2020 et 2021 et revenir en 2022 à un niveau légèrement inférieur à 2020 (6% de baisse entre 2021 et 2022).

**Emissions de COVNM**



**Figure 33 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur énergie (kt)**

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de COVNM sont les secteurs NFR 1A3 (Transports) et 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) qui couvrent de 87 % (en 1990) à 83 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1. Au sein du secteur NFR 1A4, la combustion du bois dans les petits équipements domestiques joue un rôle prépondérant.

Globalement, la baisse des émissions de COVNM, de 86%, constatée entre 1990 et 2022 pour le secteur NFR 1 s'explique par une réduction dans chacun des secteurs d'activité détaillés ci-dessous :

- NFR 1A3 Transports (-96 % entre 1990 et 2022) : la baisse constatée est liée, d'une part, à l'équipement des véhicules essence en pots catalytiques depuis 1993, qui deviennent de plus en plus performants, auquel s'ajoute la meilleure gestion des évaporations de ces véhicules équipés de filtre à charbon actif dans les réservoirs, et, d'autre part, à la part croissante de véhicules diesel, moins émetteurs de COVNM. La crise sanitaire et le confinement en 2020 ont également provoqué une baisse conjoncturelle des émissions de ce secteur de 22 % entre 2019 et 2020.
- NFR 1A4 Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche (-72 % entre 1990 et 2022) : des progrès sont accomplis dans le domaine de la combustion de la biomasse du fait du renouvellement des équipements du parc résidentiel et tertiaire par des appareils plus performants et moins émetteurs. En agriculture/sylviculture, les émissions de COVNM sont en grande majorité produites par les engins et moteurs. La réduction des émissions s'explique par le renouvellement du parc des engins agricoles dont les normes d'émissions à l'échappement ont été sévériées au cours du temps.

- NFR 1A2 Industrie manufacturière (-56 % entre 1990 et 2022) : d'importants progrès ont été réalisés en particulier au niveau des EMNR dans le secteur du BTP, avec le développement de normes.
- NFR 1B (-91 % entre 1990 et 2022) : des améliorations ont été obtenues en matière de stockage et de distribution des hydrocarbures et l'ensemble des mines de charbon a fermé, la dernière datant de 2004.

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de COVNM du secteur NFR Energie qui ont baissé de 17 % entre 2019 et 2020 puis ré-augmenté de 5 % l'année suivante et aboutir en 2022 à un niveau inférieur à 2020 (13% de baisse entre 2021 et 2022).

### Emissions de SOx

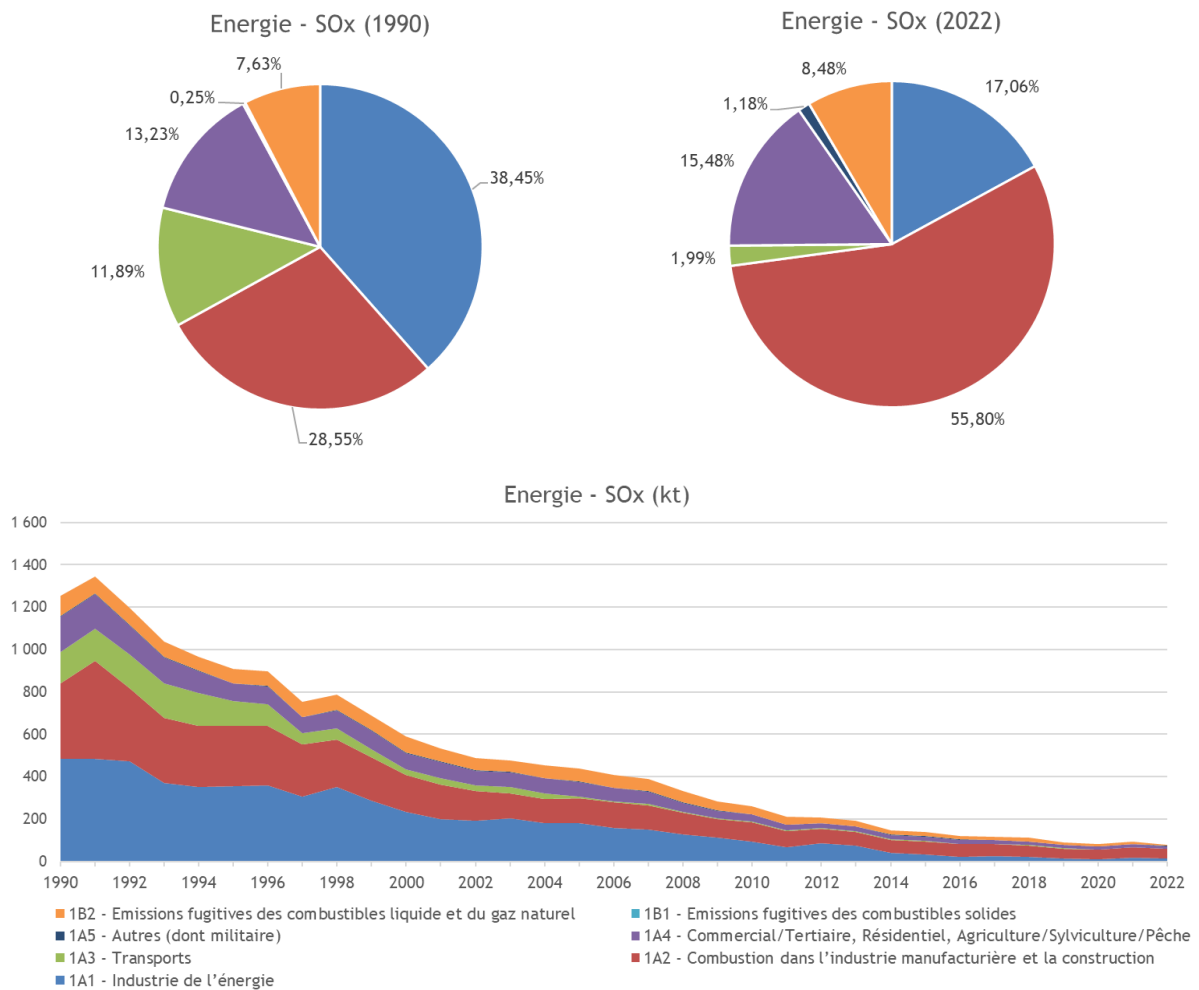


Figure 34 : Evolution et répartition des émissions de SOx du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de SOx sont les secteurs NFR 1A1 (Industrie de l'énergie), 1A2 (Industrie manufacturière) et 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) qui couvrent de 80 % (en 1990) à 88 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1.

Depuis 1990, la baisse des émissions de SOx de 94 % dans les différents secteurs s'explique par :

- la diminution des consommations d'énergie fossile du fait de la mise en œuvre du programme électronucléaire et du développement des énergies renouvelables ;
- la mise en place d'actions d'économie d'énergie ;
- les progrès réalisés par les industriels par l'usage de combustibles moins soufrés (gaz naturel par exemple) et l'amélioration du rendement énergétique des installations.

Sont venues s'ajouter à ces réductions diverses dispositions réglementaires sur la teneur en soufre des combustibles et carburants, renforçant la baisse constatée (exemple de l'arrêté du 25 avril 2000 relatif aux caractéristiques des fiouls lourds).

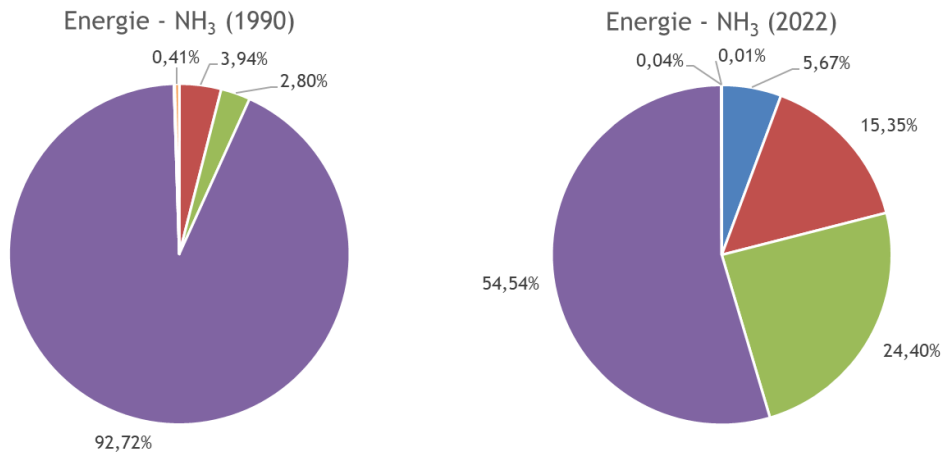
Il est important de souligner, malgré cette tendance générale à la baisse, que certaines années voient leurs émissions de  $SO_x$  augmenter. Ces années constituent des épiphénomènes liés à la conjoncture climatique, du fait d'années plus froides (par exemple : forte vague de froid ayant nécessité de recourir davantage aux énergies fossiles en 1998) et/ou à la conjoncture technique (par exemple : moindre disponibilité du nucléaire en 1991). A l'inverse, une douceur exceptionnelle du climat, comme en 2011 et 2014, ou encore la crise économique en 2008, accentuent la baisse des émissions observées. Ceci montre la sensibilité des émissions aux aléas climatiques, notamment pour les secteurs de la transformation d'énergie et du résidentiel/tertiaire, et aux aléas économiques, essentiellement pour les industries.

Dans l'agriculture/sylviculture, les émissions de  $SO_x$  proviennent de la combustion dans les engins mobiles. La baisse observée depuis 2011 s'explique par l'obligation de consommer du gazole non routier moins soufré en remplacement du fioul domestique.

Depuis 2010, pour la plupart des secteurs, l'évolution des émissions de  $SO_x$  est soit en légère baisse soit constante. Des baisses significatives sont tout de même observées dans les secteurs de la transformation de l'énergie, traduisant notamment l'abandon progressif du charbon dans la production d'électricité, et de l'industrie manufacturière du fait de l'évolution du mix énergétique avec une part plus importante pour les combustibles moins soufrés (gaz naturel notamment).

La crise sanitaire et le confinement n'ont pas entraîné de baisse conjoncturelle notable des émissions de  $SO_x$  entre 2019 et 2020.

Emissions de  $NH_3$



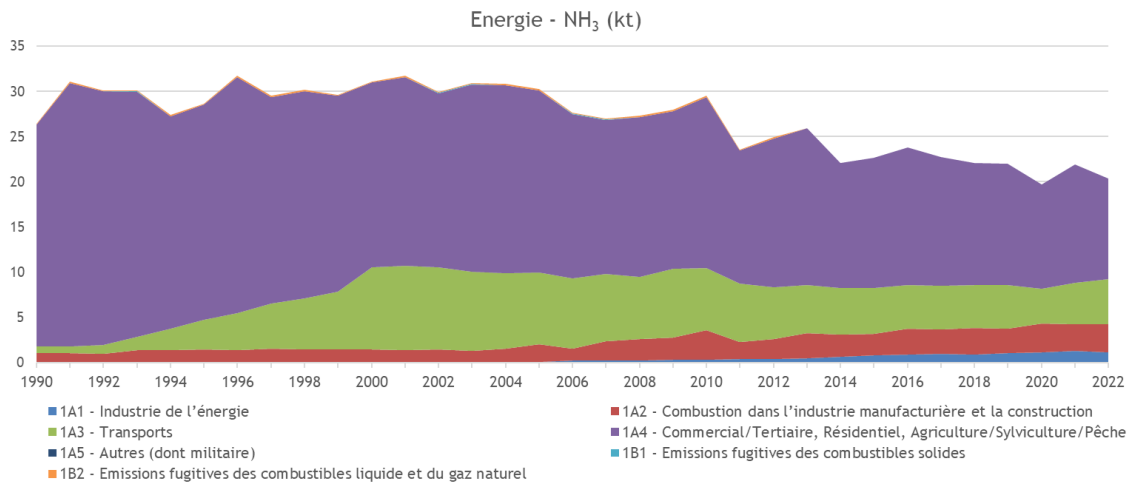


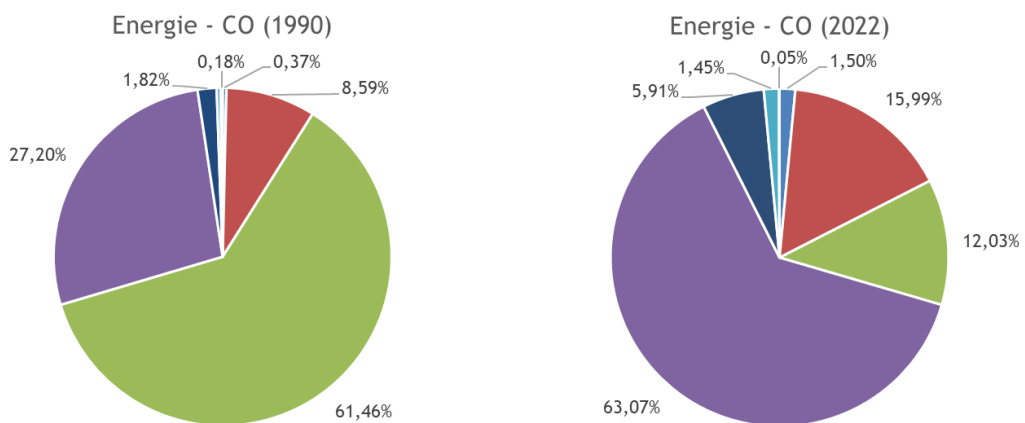
Figure 35 : Evolution et répartition des émissions de NH<sub>3</sub> du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, le principal sous-secteur de l'énergie émetteur de NH<sub>3</sub> est le secteur NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) qui couvre de 93 % (en 1990) à 55 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1. Cela reste faible en regard de la contribution prépondérante du secteur NFR 3 (Agriculture) au total national (486 kt pour l'ammoniac en NFR3 en 2022).

La hausse du secteur des transports est liée à l'introduction des véhicules catalysés en 1993. La baisse observée depuis 2002 s'explique par l'introduction dans le parc roulant (véhicules particuliers et utilitaires légers) de véhicules de type Euro 3 et Euro 4, moins émetteurs en NH<sub>3</sub>. Cette baisse devrait cependant s'atténuer du fait de la mise en place de systèmes SCR (Selective Catalytic Reduction) sur les véhicules lourds et légers.

Une baisse des émissions est observée pendant l'année 2020, liée à la crise sanitaire. En 2021 les émissions repartent à la hausse, pour rediminuer en 2022, avec un niveau légèrement au-dessus des valeurs de 2019 (7% de plus en 2022 par rapport à 2019).

Emissions de CO



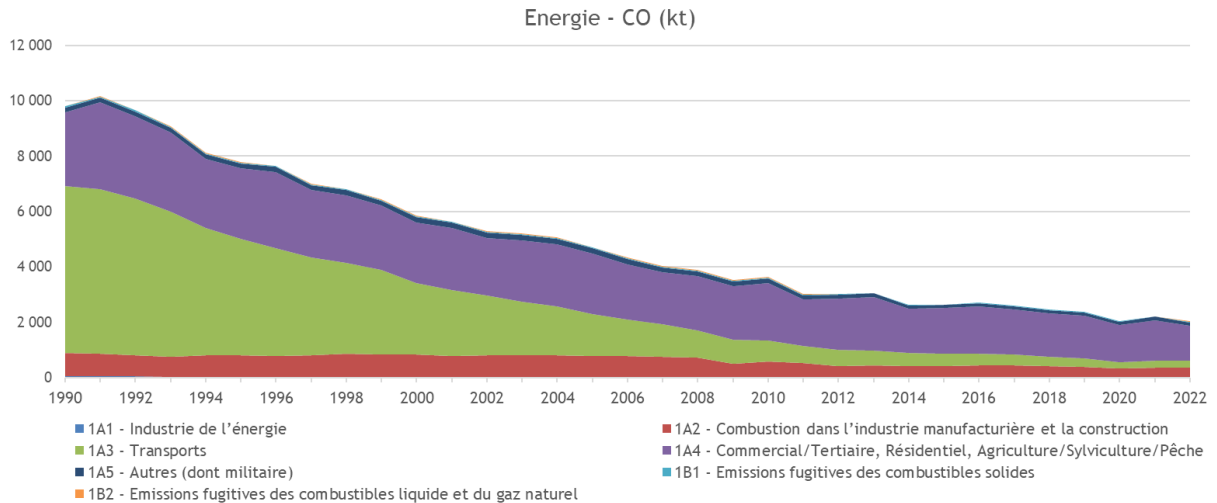


Figure 36 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur énergie (kt)

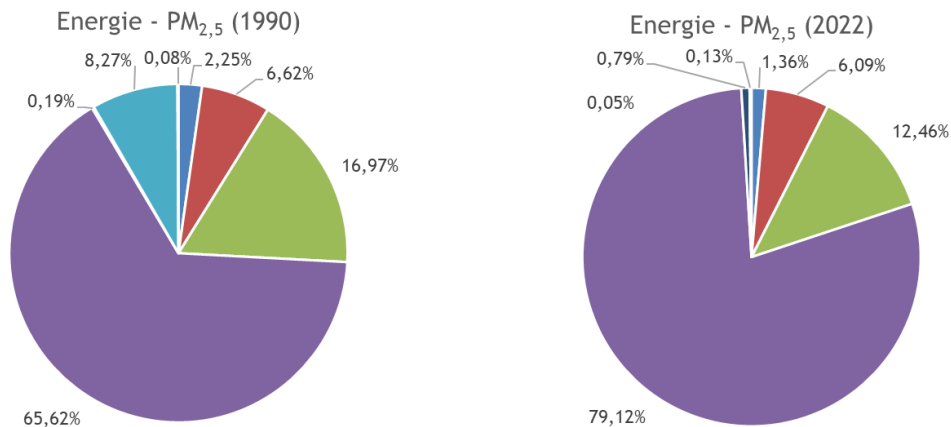
Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de CO sont les secteurs NFR 1A3 (Transports), 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) et 1A2 (Industrie manufacturière) qui couvrent de 97 % (en 1990) à 91 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 79 % des émissions de monoxyde de carbone (CO) observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A3 (Transport) doit ses évolutions à la mise en place de pots catalytiques à compter de 1993 pour les véhicules essence et 1997 pour les véhicules diesel.
- Le secteur NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) contribue aux émissions de CO du fait principalement de la combustion du bois dans le résidentiel, et notamment dans les foyers ouverts. La baisse des émissions dans ce secteur correspond aux progrès accomplis dans le domaine de la combustion de la biomasse du fait du renouvellement du parc résidentiel et tertiaire par des appareils plus performants et moins émetteurs.

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de CO du secteur NFR Energie qui ont baissé de 14 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimales ou de stagnations. En 2021 elles ont, eu un rebond de 8 % pour aboutir en 2022 à un niveau légèrement inférieur à 2020 (9% de baisse entre 2021 et 2022).

Emissions de particules



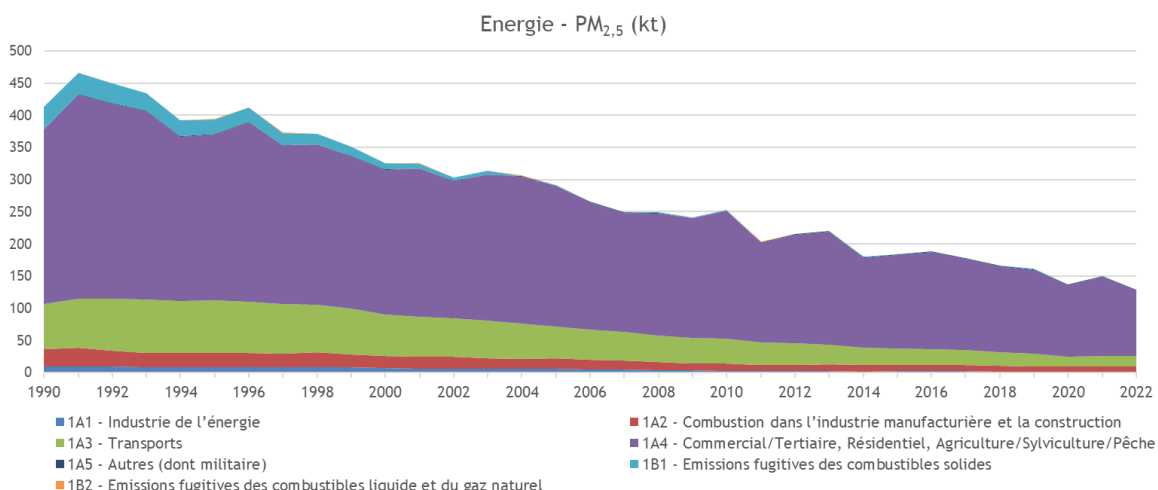


Figure 37 : Evolution et répartition des émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de PM<sub>2,5</sub> sont les secteurs NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche), 1A3 (Transports) et 1B1 (Emissions fugitives des combustibles solides) qui couvrent de 91 % (en 1990) à 92 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1. Le niveau exceptionnellement élevé des émissions de l'année 1991 s'explique notamment par une forte consommation de bois dans le secteur NFR 1A4 en réponse à un hiver particulièrement rigoureux.

La baisse de 69 % des émissions de PM<sub>2,5</sub> observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A4 doit la baisse de ses émissions de PM<sub>2,5</sub> à l'amélioration de technologies pour la combustion de biomasse aussi bien dans le résidentiel (baisse du nombre de foyers ouverts et insertion progressive à partir de 2005 dans le parc national d'appareils au bois plus performants) que dans le tertiaire.
- La mise en place de normes pour les engins routiers (Euro) est responsable de la baisse observée dans le secteur NFR 1A3 (Transport).
- Le secteur NFR 1B1 (Emissions fugitives des combustibles solides) dont les émissions sont fortement réduites avec l'arrêt de l'exploitation des mines à ciel ouvert en 2002 et des mines souterraines en 2004.

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur NFR Energie qui ont baissé de 15 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimales ou de stagnations. En 2021 elles ont eu un rebond de 10 % pour aboutir en 2022 à un niveau légèrement inférieur à 2020 (14% de baisse entre 2021 et 2022).



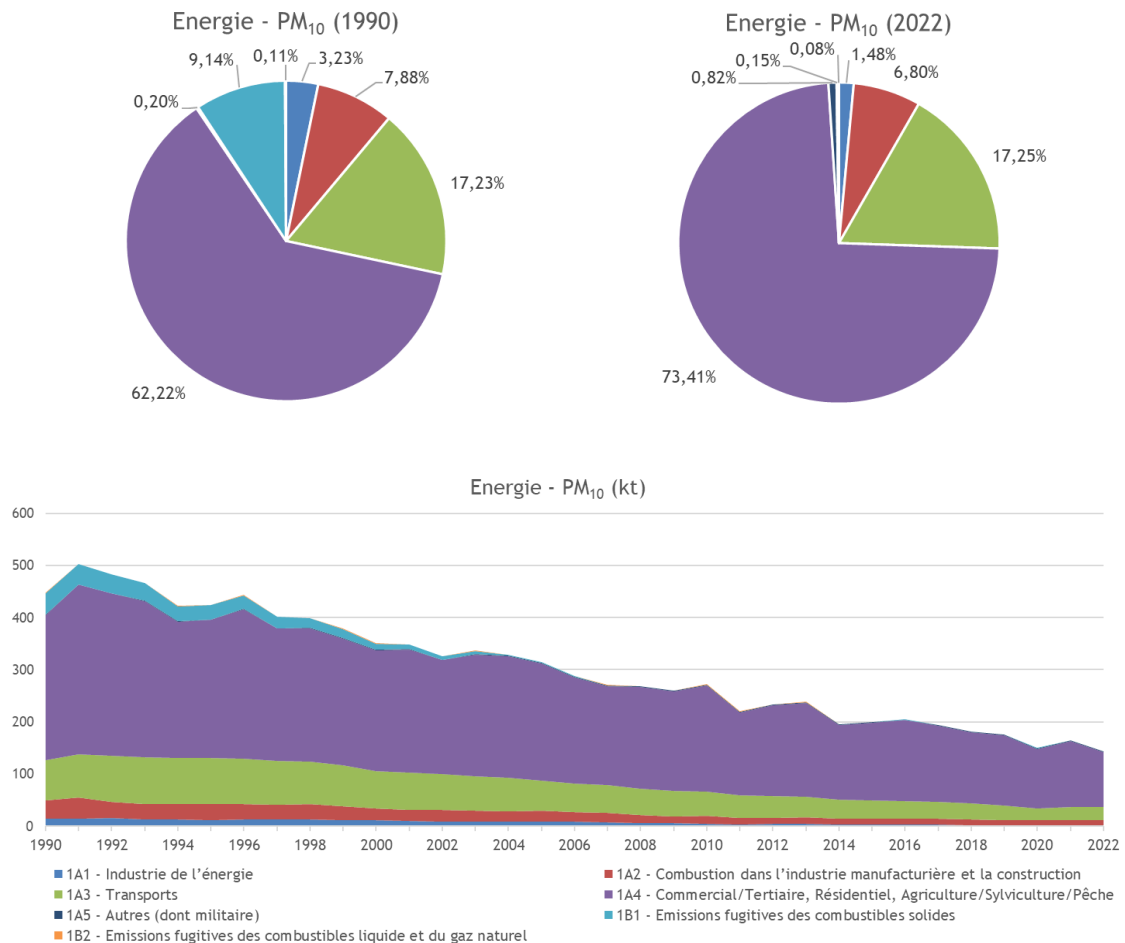


Figure 38 : Evolution et répartition des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de PM<sub>10</sub> sont les secteurs NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche), 1A3 (Transports) et 1B1 (Emissions fugitives des combustibles solides) qui couvrent 89 % (en 1990) à 91 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1. Le niveau exceptionnellement élevé des émissions de l'année 1991 s'explique notamment par une forte consommation de bois dans le secteur NFR 1A4 en réponse à un hiver particulièrement rigoureux.

Pour des raisons identiques à celles détaillées pour les PM<sub>2,5</sub>, la baisse de 68 % des émissions de PM<sub>10</sub> observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A4 doit la baisse de ses émissions de PM<sub>10</sub> à l'amélioration de technologies pour la combustion de biomasse aussi bien dans le résidentiel (baisse du nombre de foyers ouverts et insertion progressive à partir de 2005 dans le parc national d'appareils au bois plus performants) que dans le tertiaire.
- La mise en place de normes pour les engins routiers (Euro) est responsable de la baisse observée dans le secteur NFR 1A3 (Transport).
- Le secteur NFR 1B1 (Emissions fugitives des combustibles solides) dont les émissions sont fortement réduites avec l'arrêt de l'exploitation des mines à ciel ouvert en 2002 et des mines souterraines en 2004.

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur NFR Energie qui ont baissé de 15 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimales ou de stagnations. En 2021 elles ont eu un rebond de 10 % pour aboutir en 2022 à un niveau légèrement inférieur à 2020 (13% de baisse entre 2021 et 2022).

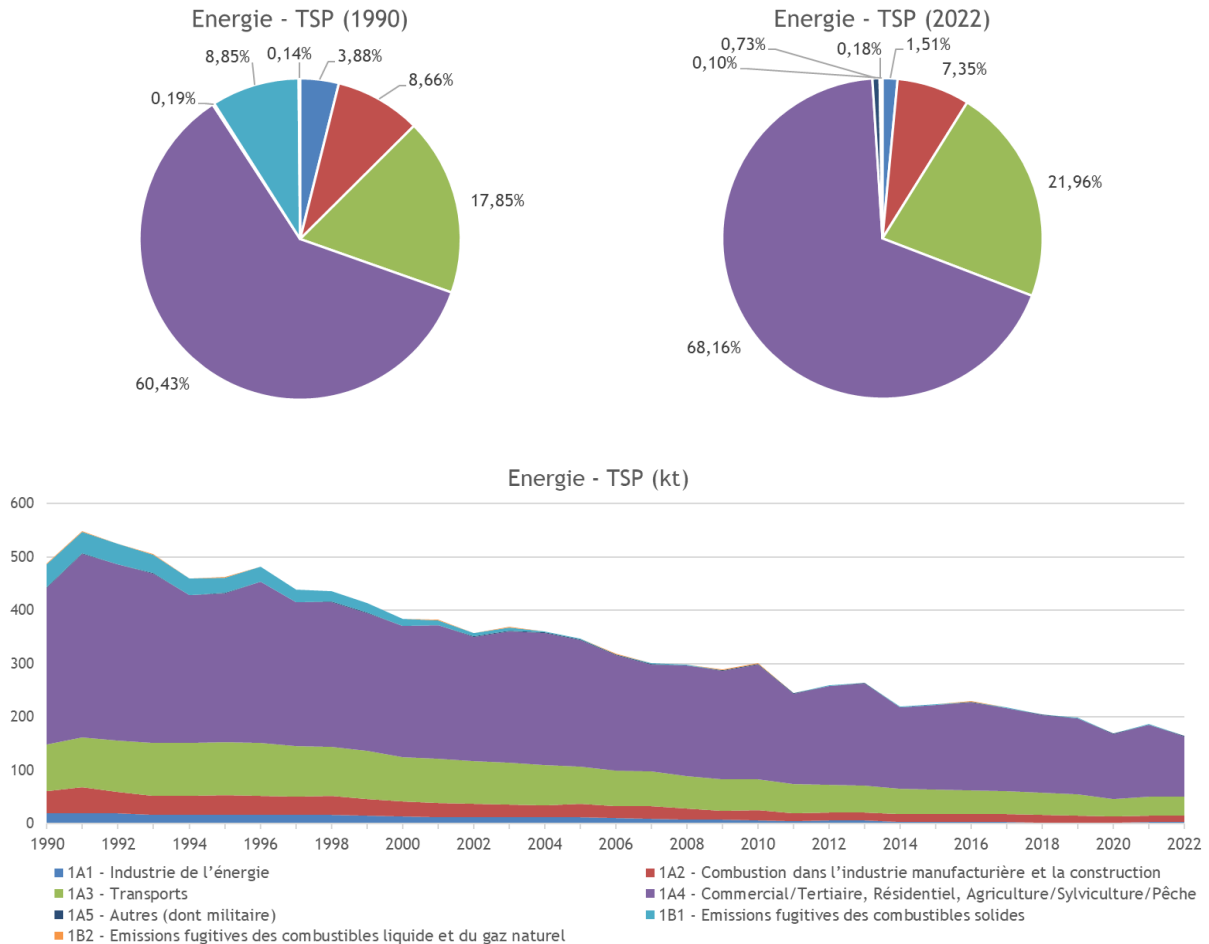


Figure 39 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de particules totales sont les secteurs NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche), 1A3 (Transports), 1B1 (Emissions fugitives des combustibles solides) et 1A2 (Industrie manufacturière) qui couvrent de 96% (en 1990) à 98 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1. Le niveau exceptionnellement élevé des émissions de l'année 1991 s'explique notamment par une forte consommation de bois dans le secteur NFR 1A4 en réponse à un hiver particulièrement rigoureux.

Pour des raisons identiques à celles détaillées pour les  $PM_{2,5}$  et les  $PM_{10}$ , la baisse de 66 % des émissions de particules totales observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A4 doit la baisse de ses émissions à l'amélioration de technologies pour la combustion de biomasse aussi bien dans le résidentiel (baisse du nombre de foyers ouverts et insertion progressive à partir de 2005 dans le parc national d'appareils au bois performants) que dans le tertiaire.
- La mise en place de normes pour les engins routiers (Euro) est responsable de la baisse observée dans le secteur NFR 1A3 (Transport).
- Le secteur NFR 1B1 (Emissions fugitives des combustibles solides) dont les émissions sont fortement réduites avec l'arrêt de l'exploitation des mines à ciel ouvert en 2002 et des mines souterraines en 2004.
- Le secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) par l'amélioration des performances des techniques de dépoussiérage, notamment dans les installations de métallurgie.

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de  $PM_{10}$  du secteur NFR Energie qui ont baissé de 15 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de

baisses minimales ou de stagnations. En 2021 elles ont eu un rebond de 10 % pour aboutir en 2022 à un niveau légèrement inférieur à 2020 (12% de baisse entre 2021 et 2022).

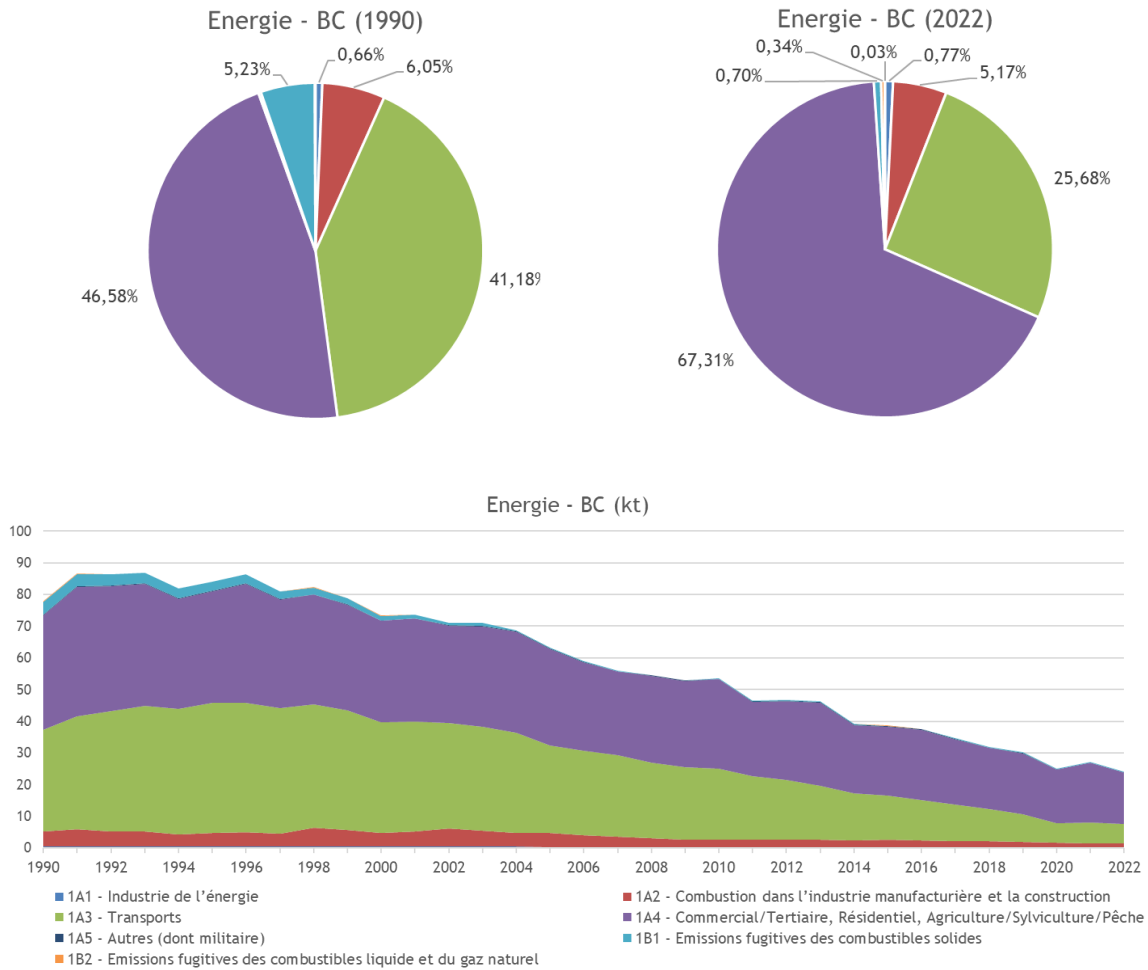


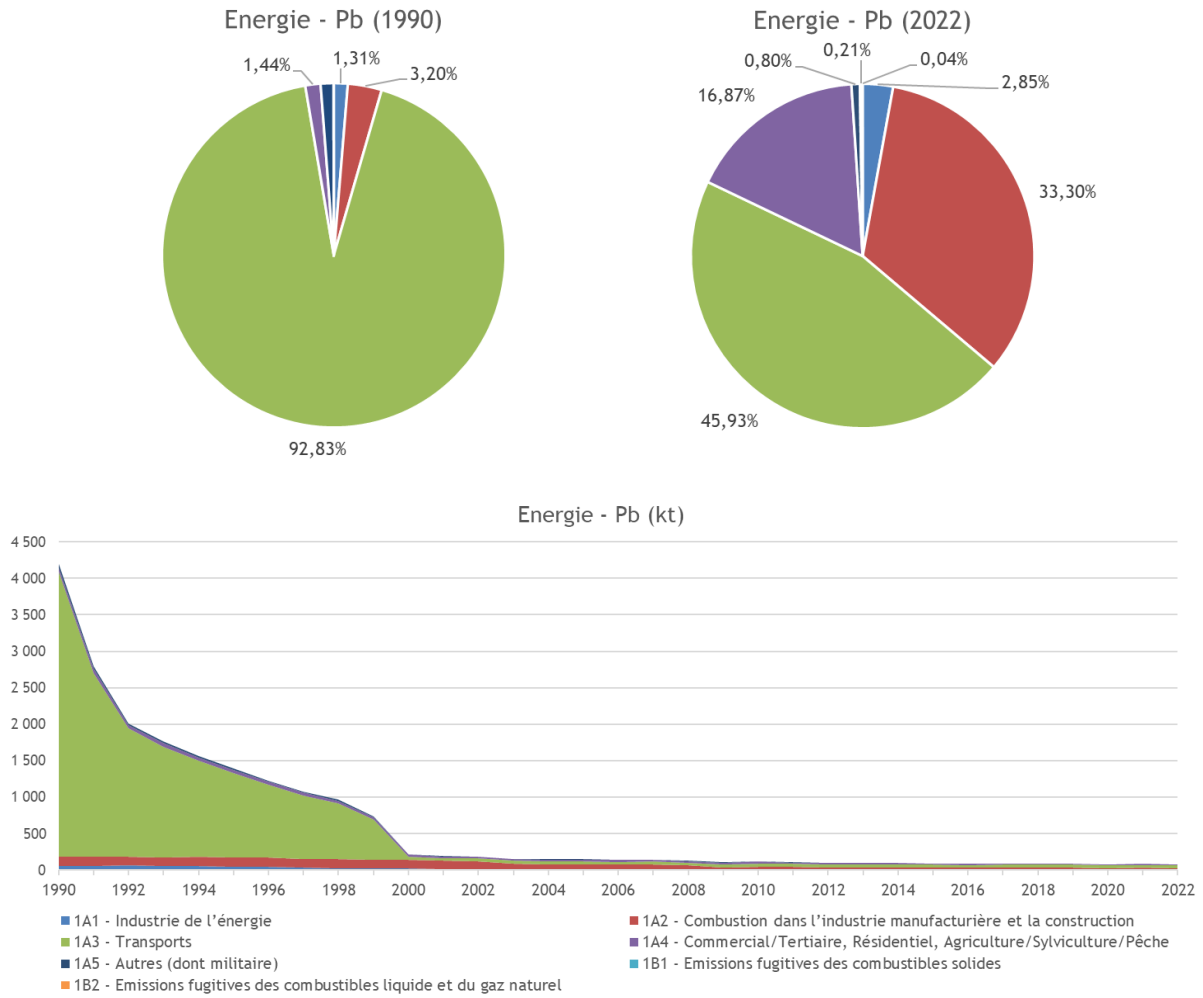
Figure 40 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de « Black Carbon » ou « carbone suie » sont les secteurs NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) et 1A3 (Transports) qui couvrent de 88 % (en 1990) à 93 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 69 % des émissions de BC observable entre 1990 et 2022 s'explique par des raisons similaires à celles évoquées pour les particules totales (TSP), les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub>.

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur NFR Energie qui ont baissé de 17 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimales ou de stagnations. En 2021 elles ont eu un rebond de 8 % pour aboutir en 2022 à un niveau légèrement inférieur à 2020 (11% de baisse entre 2021 et 2022).

**Emissions de métaux lourds**



**Figure 41 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur énergie (kt)**

Depuis 1990, le principal secteur émetteur de plomb (Pb) est le secteur NFR 1A3 (Transports) qui couvre 93% des émissions du secteur NFR 1 en 1990 mais seulement 46 % en 2022.

La baisse de 95 % des émissions de plomb observable entre 1990 et 2000 est principalement liée au secteur NFR 1A3 (Transports) grâce à la mise en place de pots catalytiques à partir de 1993 et à l'interdiction de l'utilisation d'essence plombée à partir du 1er janvier 2000.

La baisse ultérieure de 62% entre 2000 et 2022 provient principalement du secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) et s'explique, d'une part, par la fermeture d'un important site de production de métaux non ferreux en 2003 et, d'autre part, par la mise en place de dépoussiéreurs sur de nombreuses installations industrielles. La crise financière de 2008, qui a eu pour effet un ralentissement de l'activité industrielle, a également joué un rôle dans cette baisse.

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de plomb du secteur NFR Energie qui ont baissé de 13 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimales ou de stagnations. En 2021 elles ont eu un rebond de 8 % pour aboutir en 2022 à un niveau légèrement supérieur à 2020 (4% de baisse entre 2021 et 2022).

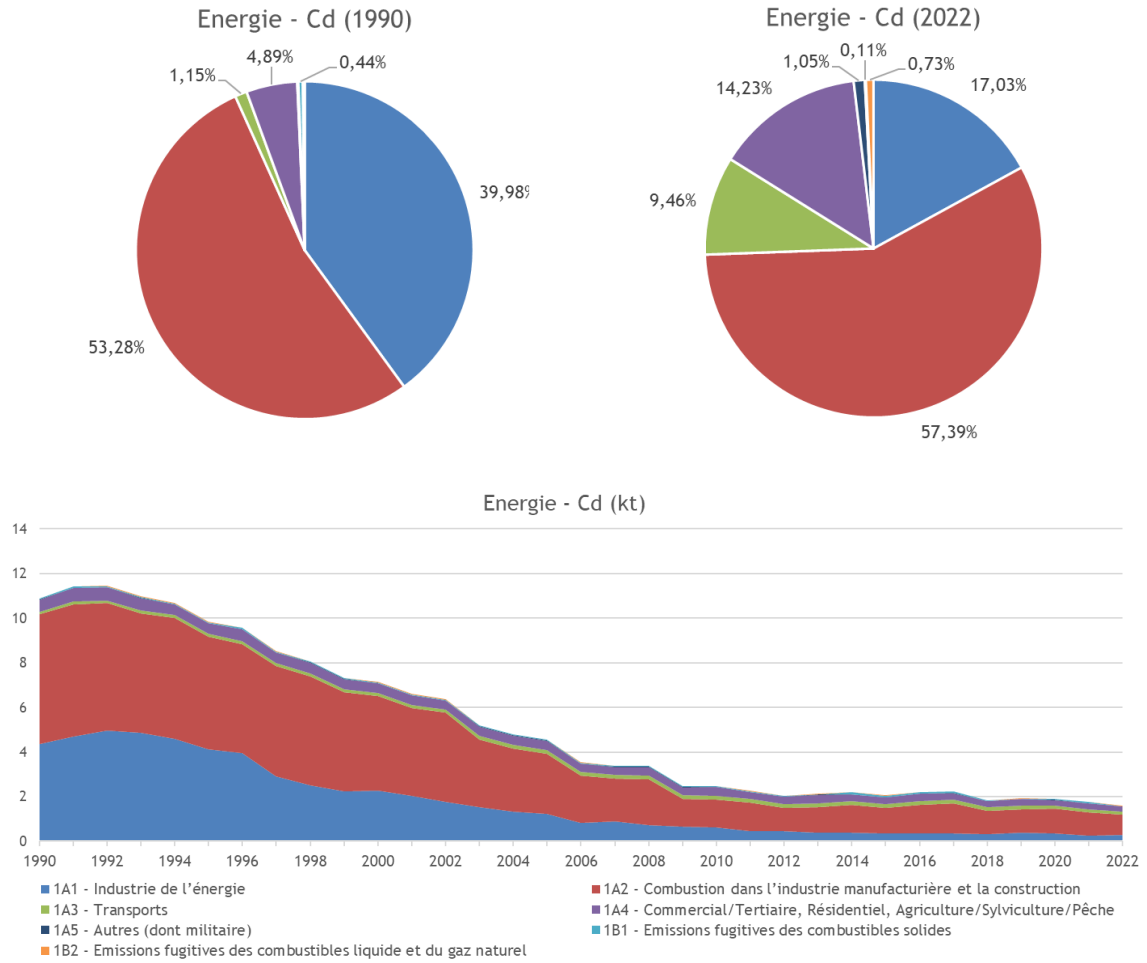


Figure 42 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de cadmium (Cd) sont les secteurs NFR 1A2 (Industrie manufacturière) et 1A1 (Industrie de l'énergie) qui couvrent de 93 % (en 1990) à 74 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 85 % des émissions de cadmium observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) doit la baisse de ses émissions de Cd aux progrès réalisés en particulier dans la sidérurgie et dans la métallurgie des métaux non ferreux.
- Un meilleur traitement des fumées des usines d'incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie est responsable de la baisse observée dans le secteur NFR 1A1 (Industrie de l'énergie).

La crise sanitaire et le confinement n'ont pas entraîné de baisse conjoncturelle notable des émissions de cadmium entre 2019 et 2020.

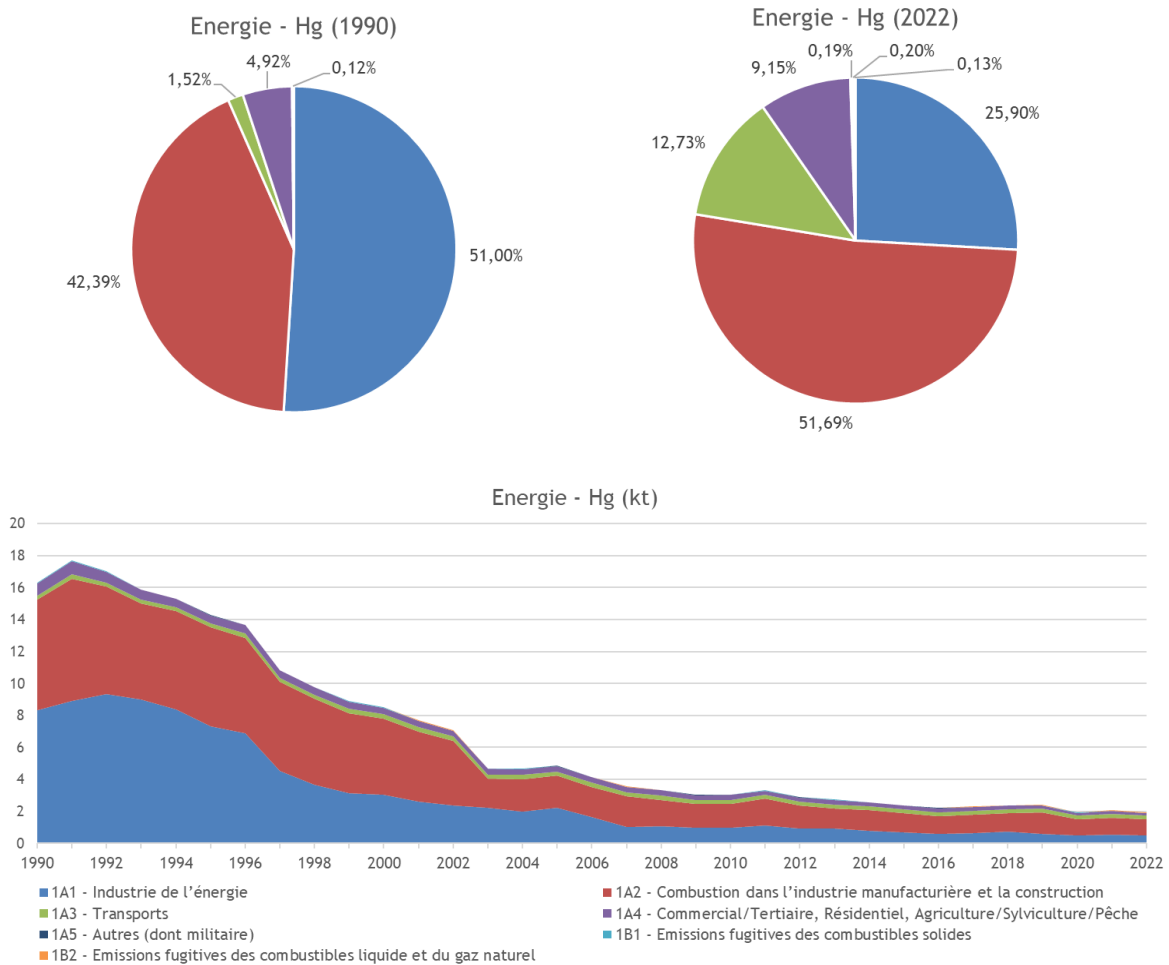


Figure 43 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur énergie (kt)

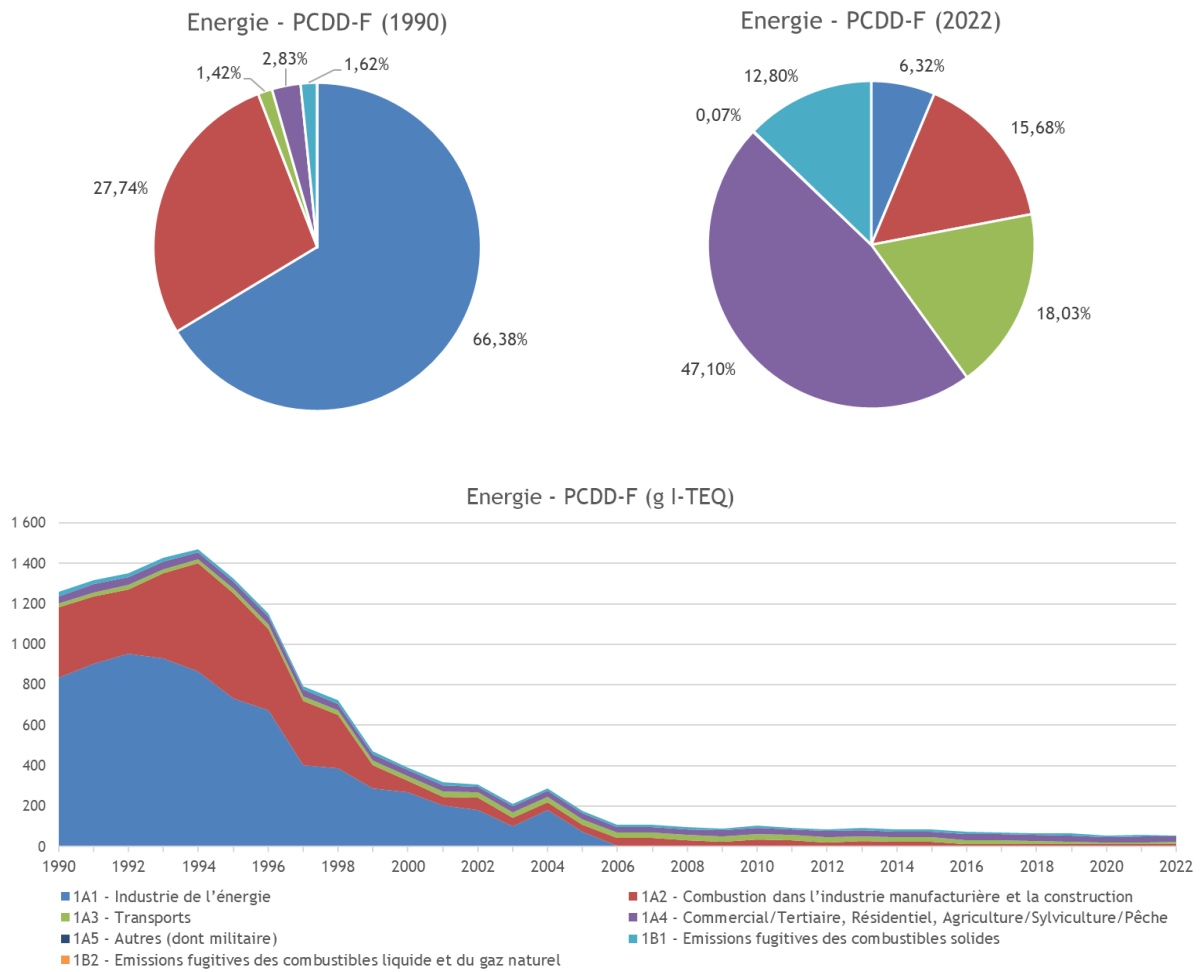
Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de mercure (Hg) sont les secteurs NFR 1A2 (Industrie manufacturière) et 1A1 (Industrie de l'énergie) qui couvrent de 93 % (en 1990) à 78 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 88 % des émissions de mercure observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) doit la baisse de ses émissions de Hg aux progrès réalisés en particulier dans la sidérurgie et dans la métallurgie des métaux non ferreux.
- L'amélioration des performances de l'incinération des déchets avec récupération d'énergie (mise en conformité progressive des usines d'incinération d'ordures ménagères avec les arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002) est responsable de la baisse observée dans le secteur NFR 1A1 (Industrie de l'énergie).

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de mercure du secteur NFR Energie qui ont baissé de 20 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimales ou de stagnations. En 2021 elles ont suivi un rebond de seulement 7 % pour aboutir en 2022 à un niveau proche de celui de 2020 (7% de baisse entre 2021 et 2022).

**Emissions de dioxines et furanes (PCDD-F)**



**Figure 44 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur énergie (kt)**

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs au sein du NFR 1A de dioxines et furanes (PCDD/F) sont les secteurs NFR 1A2 (Industrie manufacturière) et 1A1 (Industrie de l'énergie) qui couvrent de 94 % (en 1990) à seulement 22 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 96 % des émissions de PCDD/F observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) doit la baisse de ses émissions de dioxines et furanes à la mise en place de techniques d'abattement et à la baisse d'activité du secteur de la métallurgie des métaux ferreux.
- Les techniques de réduction mises en œuvre pour respecter les valeurs limites définies dans les arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002 relatifs aux déchets ménagers incinérés avec récupération d'énergie sont responsables de la baisse observée dans le secteur NFR 1A1 (Industrie de l'énergie).

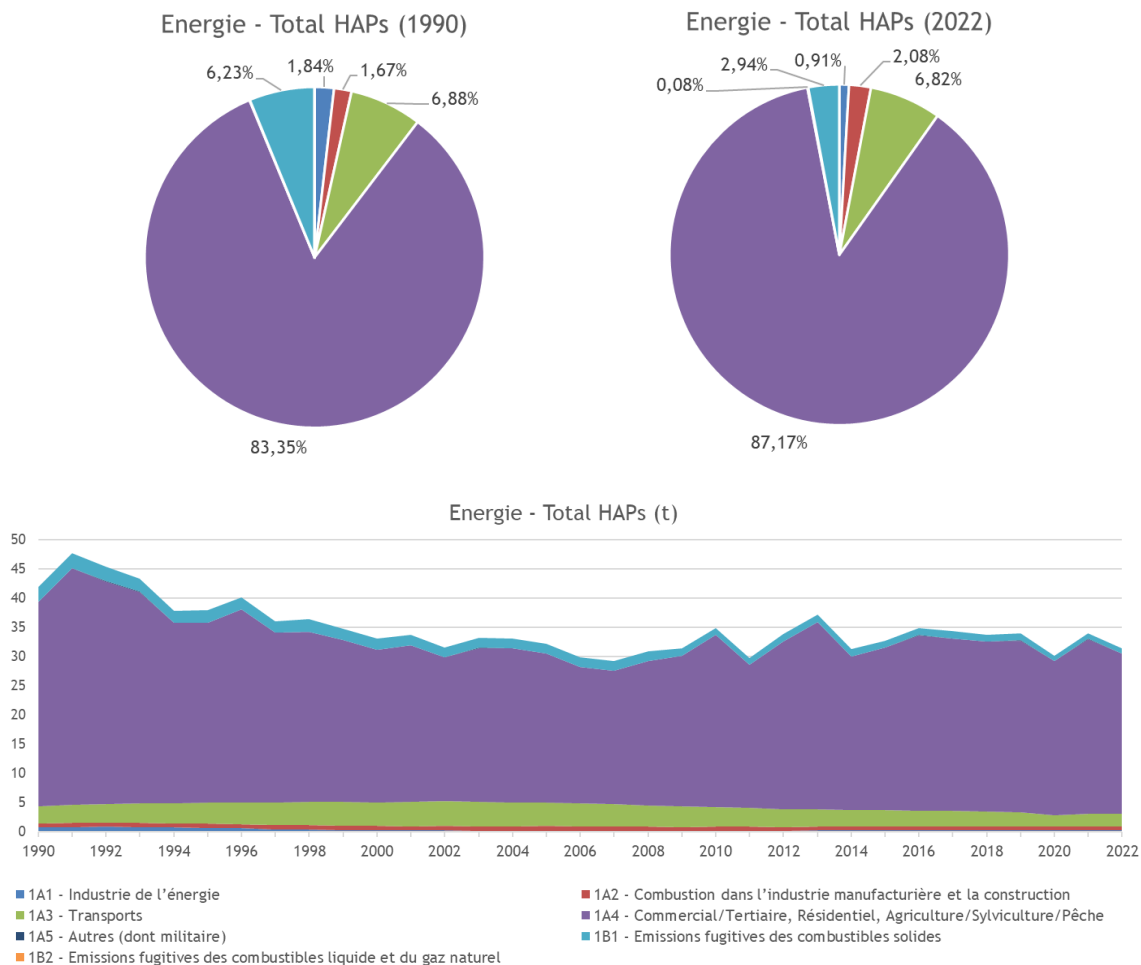
Emissions de HAP

Figure 45 : Evolution et répartition des émissions de HAP totaux du secteur énergie (t)

Les émissions de HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) présentées dans cette section concernent uniquement les quatre HAP couverts par le Protocole d'Aarhus relatif aux POP (Polluants Organiques Persistants) de 1998 et par le règlement n° 850/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 Avril 2004, à savoir le benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène et l'indeno(1,2,3-cd)pyrène. Les HAP se forment dans des proportions relativement importantes lors de la combustion et tout particulièrement lors de celle de la biomasse qui s'effectue souvent dans des conditions moins bien maîtrisées (par exemple en foyer ouvert) dans le secteur résidentiel.

Depuis 1990, le principal secteur émetteur au sein du NFR 1 de HAP est le secteur NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) qui couvre de 83 % (en 1990) à 87 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 25 % des émissions des HAP observable entre 1990 et 2022 s'explique principalement par la baisse de 22 % sur la même période des émissions du secteur NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) :

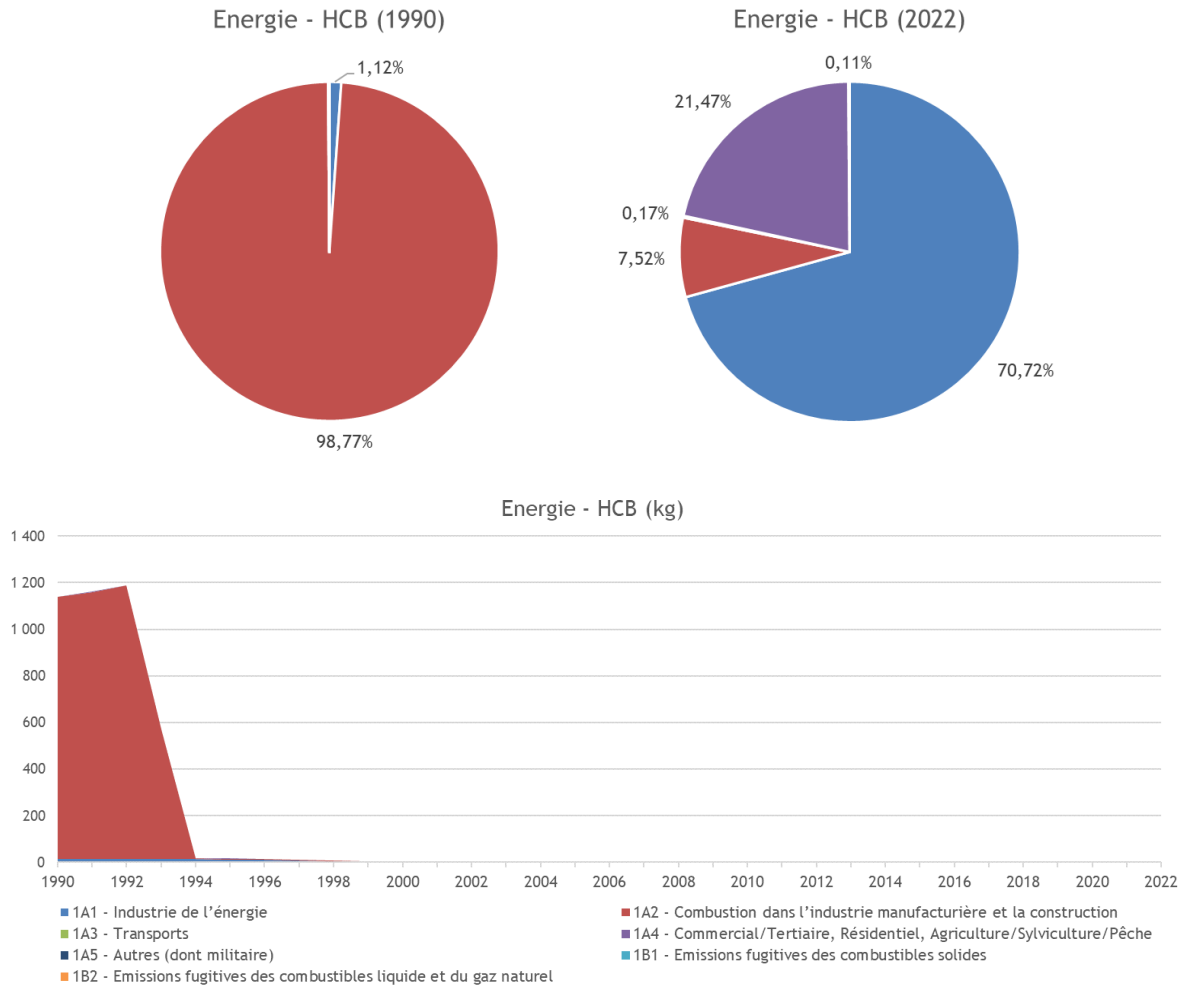
- Tous les secteurs contribuent à ces émissions, mais le secteur NFR 1A4, et plus particulièrement le sous-secteur NFR 1A4b du résidentiel, contribue très majoritairement aux émissions totales sur l'ensemble de la série temporelle du fait de la combustion du bois essentiellement. L'évolution interannuelle des émissions est en grande partie liée aux conditions climatiques (aux températures hivernales), qui impactent la consommation d'énergie, dont en particulier le bois dans le secteur résidentiel. Ainsi, les émissions élevées en 2010 sont essentiellement dues à l'augmentation de la consommation de bois dans le



secteur résidentiel/tertiaire (année au climat hivernal froid). A l'inverse, les émissions plus faibles observées en 2011, 2014 et 2017 coïncident avec la douceur climatique de ces années-là.

- Dans le secteur du transport routier (NFR 1A3), la baisse de 26 % entre 1990 et 2022 doit être nuancée car la croissance du trafic et de la pénétration des véhicules diesel dans le parc a eu tendance à augmenter les émissions de HAP jusqu'en 2003 avant d'entamer une lente décroissance.

**Emissions de HCB**



**Figure 46 : Evolution et répartition des émissions de HCB du secteur énergie (kg)**

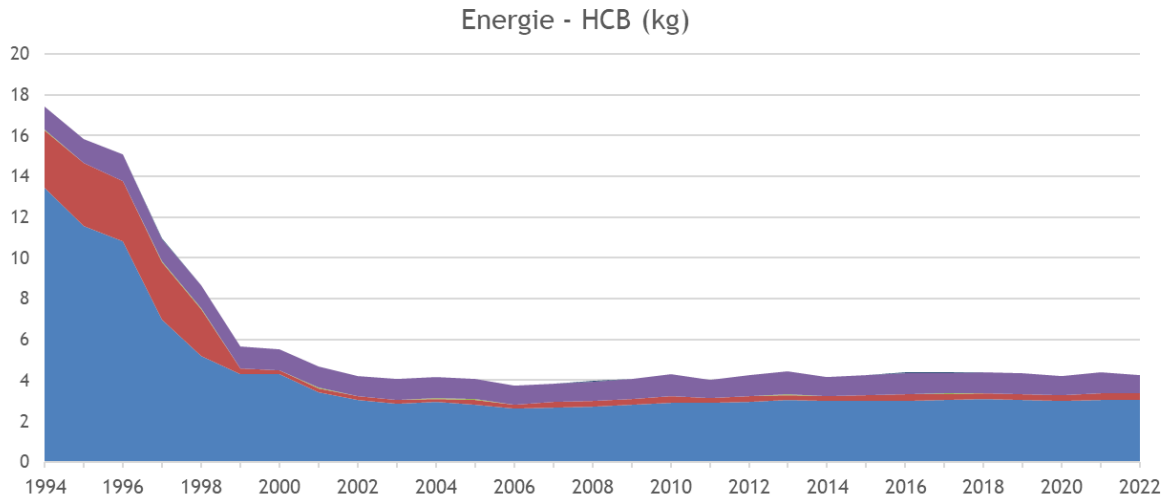


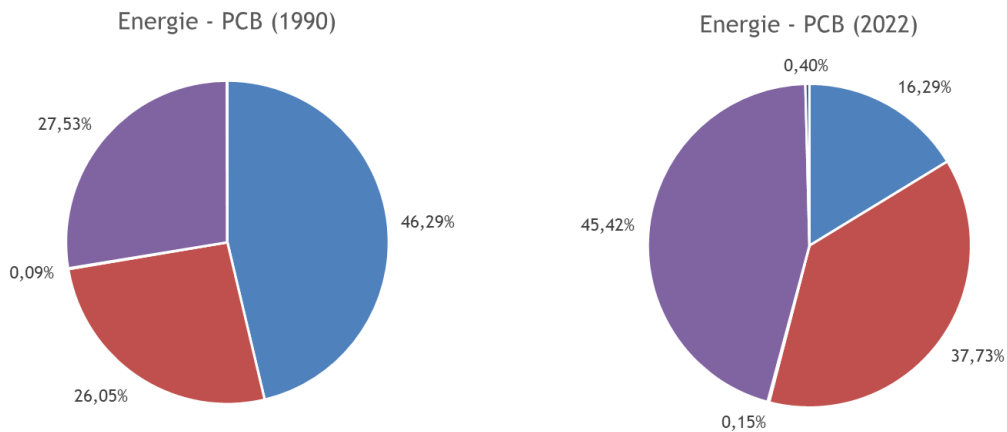
Figure 47 : Zoom sur les années 1994 à 2022 : évolution et répartition des émissions de HCB du secteur énergie (kg)

En 1990, le principal secteur émetteur au sein du NFR 1 de l'hexachlorobenzène (HCB) est le secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) qui couvrait 99 % des émissions en 1990. Il n'en représente plus que 8 % en 2022. Ce sont les secteurs NFR 1A1 (Industrie de l'énergie) et 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) qui couvrent désormais la majorité des émissions (92 %) de HCB en 2022.

La baisse de 99,6% des émissions du HCB observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Entre 1990 et 1995, la principale source d'émission était alors le sous-secteur de la métallurgie des métaux non ferreux, et plus particulièrement la production d'aluminium de seconde fusion. Les émissions de ce sous-secteur ont très fortement diminué depuis 1990 et sont nulles depuis 2000. En effet, le chlore était utilisé pour affiner l'aluminium en éliminant les traces de magnésium. Jusqu'au début des années 1990, l'hexachloroéthane était utilisé comme apport de chlore et était à l'origine des émissions de HCB. Du point de vue réglementaire, l'hexachloroéthane est interdit depuis 1993 dans l'affinage de l'aluminium de seconde fusion.
- Entre 1990 et 2022, le secteur NFR 1A1 (Industrie de l'énergie) a vu ses émissions de HCB baisser de 76 %. Cela provient de l'incinération des déchets avec récupération d'énergie : la diminution d'un facteur cinq depuis 1990 est liée à la mise en place des techniques de réduction avant tout destinées aux dioxines mais qui sont également efficaces sur les HCB.

Emissions de PCB



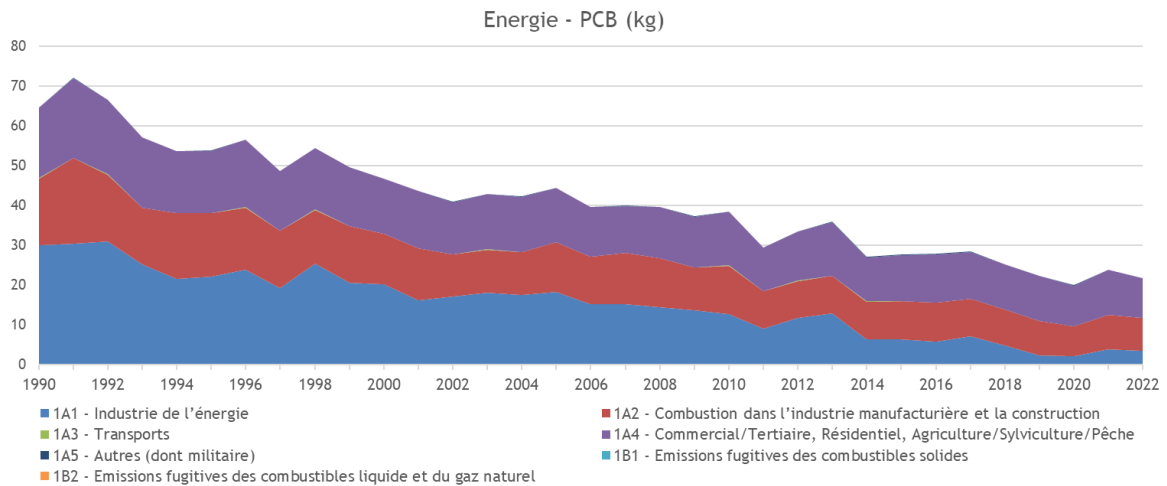


Figure 48 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur énergie (kg)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de polychlorobiphényles (PCB) sont les secteurs NFR 1A1 (Industrie de l'énergie) et 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) qui couvrent de 74 % (en 1990) à 62 % (en 2022) des émissions du secteur NFR 1. La proportion importante restante de 26 % en 1990 du secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) augmente à 38 % du total du secteur NFR 1 en 2022.

La baisse de 66 % des émissions des PCB observable entre 1990 et 2022 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Une baisse de 88 % entre 1990 et 2022 dans le secteur NFR 1A1 (Industrie de l'énergie) liée à la mise en place de traitements des effluents atmosphériques sur les installations d'incinération avec récupération d'énergie, afin de respecter les nouvelles valeurs limites en PCDD-F définies dans l'arrêté du 20 septembre 2002 (directive européenne 2000/76/CE), qui impactent également les émissions de PCB.
- Une baisse de 44 % entre 1990 et 2022 dans le secteur NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) liée à la réduction de la consommation de charbon dans ce secteur.

Une baisse de 51 % entre 1990 et 2022 dans le secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) liée à la décroissance très importante des émissions du sous-secteur de la chimie (plus de 95 %), dans lequel sont rapportées les émissions de l'incinération in-situ des déchets industriels dangereux. Le sous-secteur de la métallurgie contribue également à cette baisse à partir de 2009 en lien avec la baisse d'activité de ce sous-secteur.

### 3.1 Caractéristiques des combustibles

#### 3.1 Fuel characteristics

L'estimation des émissions de toutes les sources consommant des combustibles fossiles, de la biomasse et divers produits valorisés thermiquement, nécessite fréquemment sinon systématiquement de connaître leurs caractéristiques (composition, pouvoir calorifique, etc.).

Le terme "combustible" est utilisé par la suite pour désigner tout produit utilisé dans une installation de combustion (combustibles fossiles, biomasse, autres produits) afin de produire de la chaleur.

Les caractéristiques des combustibles varient de l'un à l'autre et également au sein d'un même combustible en fonction de son origine. Certaines de ces caractéristiques évoluent dans le temps, notamment lorsque les spécifications réglementaires sont modifiées.

L'application de la règle, qui veut que l'utilisation de la meilleure donnée disponible soit privilégiée, conduit à s'intéresser au cas par cas aux caractéristiques des combustibles utilisés dans les installations considérées individuellement. Ces informations sont généralement disponibles au travers des systèmes de collecte des données (cf. déclarations annuelles des rejets de polluants). A défaut, des valeurs moyennes types peuvent pallier les éventuels défauts d'informations.

Dans le cas des secteurs regroupant un grand nombre de sources, l'approche individualisée n'est plus employée et l'utilisation de caractéristiques moyennes par défaut est à la fois la plus simple, la seule faisable et n'engendre pas des écarts très importants car il s'agit le plus souvent de petites installations utilisant majoritairement des combustibles commerciaux (fioul domestique, gaz naturel, etc.) dont les caractéristiques sont assez constantes et contenues dans des limites définies réglementairement.

### 3.1.1 Pouvoirs calorifiques

#### 3.1.1 Calorific values

Le pouvoir calorifique est utilisé pour traduire les quantités de combustibles en unité énergétique à partir des quantités exprimées en masse ou en volume<sup>(a)</sup> lorsque ces quantités ne sont pas déjà exprimées dans une unité d'énergie. Parmi les unités les plus rencontrées dans les données disponibles se trouvent :

Unité	Symbole	Equivalence Joules	Multiples les plus usités
tonne équivalent pétrole	tep	41,868 GJ	ktep, Mtep
Watt heure PCI	Wh	3600 J	kWh, MWh, GWh
Joule	J	1 J	MJ, GJ, TJ
Thermie	th	4,18 MJ	kth
Calorie	cal	4,18 J	kcal

k (kilo) = 10<sup>3</sup>    M (Mega) = 10<sup>6</sup>    G (Giga) = 10<sup>9</sup>    T (Tera) = 10<sup>12</sup>

Si disponible, le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) spécifique à l'installation concernée est utilisé.

A défaut et pour les ensembles statistiques considérés globalement, des valeurs moyennes de PCI sont utilisées. Ces valeurs ont été retenues en tenant compte des informations disponibles au niveau international [137].

Le tableau suivant présente les pouvoirs calorifiques inférieurs (PCI) nationaux qui sont mis en œuvre dans les inventaires d'émission nationaux lorsque l'information n'est pas disponible par ailleurs (au niveau des sites notamment).

Tableau 34 : Récapitulatif des PCI nationaux

Code combustible (NAPFUEc)	Désignation	MJ / kg	Source
101	Charbon à coke	26	[1]
102	Charbon vapeur	26	[1]
103	Charbon sous-bitumineux	20	[moyenne des PCI déclarés par les

<sup>(a)</sup> Le SNIEBA utilise le système d'unité international en vigueur. Relativement à l'énergie, le "joule" (J) et ses multiples (kJ, MJ, GJ, etc.) sont utilisés.

Code combustible (NAPFUEc)	Désignation	MJ / kg	Source
			installations GIC en 2002]
104	Aggloméré de houille	32	[1]
105	Lignite	17	[1]
106	Briquette de lignite	17	[1]
107	Coke de houille	28	[1]
108	Coke de lignite	17	[1]
110	Coke de pétrole	32	[3]
111	Bois et assimilé	18,0	[634]
116	Déchets de bois	18,0	Analogie avec 111
117	Déchets agricoles - Farines animales	18,2	[8]
118	Boues d'épuration	5	[19]
203	Fioul lourd (tous types)	40	[1]
204	Fioul domestique	42,6	[1]
205	Gazole et Gazole Non Routier	42,6	[1]
206	Kérosène	43	[1]
208	Essence automobile (avec et sans plomb)	44	[1]
209	Essence aviation	44	[1]
210	Naphta	45	[9]
212	Huile de moteur à essence	40,2	Analogie avec 219
219	Autres lubrifiants	40,2	[635]
222	Bitumes	40,2	[9]
224	Autres produits pétroliers (graisses, ...)	40,2	[9]
301	Gaz naturel	49,6	[2, 3]
31B	Biométhane	49,6	[2, 3]
302	Gaz naturel liquéfié / Gaz naturel véhicule (GNV)	49,6	Analogie avec 301 de type H
303	Gaz de pétrole liquéfié (GPL) / Gaz de pétrole liquéfié carburant (GPLc)	46	[1]
304	Gaz de cokerie	31,5	[3, 6]
305	Gaz de haut fourneau	2,3	[3, 6]
312	Gaz d'aciérie	6,9	[6]
313	Hydrogène	120	[3 - tableau VIII]

### 3.1.2 Teneurs et facteurs d'émission

#### 3.1.2 Content and emission factors

##### Teneur en soufre et facteurs d'émission nationaux

Vis-à-vis de la teneur en soufre, deux cas sont observés :

- Cas des combustibles dont la teneur en soufre est relativement faible et à peu près constante :
  - Soit de par la composition naturelle du combustible (exemple : le bois),
  - Soit du fait de la spécification réglementaire relative au produit (exemple : fioul domestique (FOD), gaz de pétrole liquéfié (GPL), etc.).

Dans ce cas, la teneur en soufre est supposée être celle observée naturellement ou égale à la limite supérieure de la spécification (on suppose que lors de la transformation, il n'est pas

recherché une diminution additionnelle de la teneur en soufre au-delà de ce qu'exige la réglementation). Il peut cependant arriver que la teneur en soufre d'un combustible soit légèrement inférieure à la spécification. Lorsque cette information est accessible, elle est prise en compte.

- Cas des combustibles dont la teneur en soufre est variable même à l'intérieur des spécifications : exemple charbon, fioul lourd (FOL), gaz industriel, liqueur noire, etc.

Dans ce cas, l'utilisation des données disponibles sur une base individuelle est privilégiée et une teneur moyenne est appliquée dans les autres cas. L'utilisation de ces valeurs par défaut est éventuellement nuancée selon des critères géographiques pour des installations situées dans des zones faisant l'objet de dispositions réglementaires particulières dans lesquelles l'utilisation des combustibles très soufrés est limitée, ou encore dans le cas d'utilisation de combustibles locaux particuliers comme le charbon de Gardanne employé dans quelques installations seulement avant la cessation d'exploitation en 2003.

En conclusion, l'utilisation de données spécifiques est privilégiée autant que possible et des valeurs par défaut sont utilisées dans les autres cas.

Pour les combustibles dont la teneur en soufre n'évolue pas ou peu, les facteurs d'émission applicables sont présentés ci-dessous. Pour d'autres combustibles, comme le charbon, la teneur en soufre évolue en fonction de divers critères, en particulier l'origine des matières premières, et donc évolue d'une année sur l'autre. Les valeurs utilisées dans les inventaires en tiennent compte. De plus, les spécifications imposées à certains combustibles ont elles-mêmes évolué au cours du temps (exemple fioul domestique (FOD), gazole, etc.).

Sauf cas particulier (présence de système de traitement du SO<sub>2</sub> (déSO<sub>x</sub>), certaines installations consommant du charbon et certaines installations spécifiques pour lesquelles une partie du soufre du combustible est retenue par la matière première produite), la rétention de soufre est supposée nulle.

Dans le cas du recours à des facteurs d'émission par combustible utilisés lorsque des données plus précises ne sont pas disponibles, certaines valeurs sont stables dans le temps alors que d'autres au contraire, évoluent selon les années (exemple : fioul lourd). Les facteurs d'émission de SO<sub>2</sub> stables dans le temps sont présentés dans les tableaux suivants alors que ceux évoluant par année sont disponibles dans la base de données OMINEA.

Tableau 35 : Récapitulatif des FE SO<sub>2</sub>

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g SO <sub>2</sub> / GJ	Source
101 et 102	Charbons (hors Gardanne)	évolution annuelle	-
103	Charbon sous-bitumineux	évolution annuelle	-
105	Lignite	évolution annuelle	-
107	Coke de houille	évolution annuelle	-
110	Coke de pétrole	938	Base de 1,5% de S
111	Bois et assimilé	10	[412]
116	Déchets de bois	10	analogie avec le bois
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS / TTBTs	évolution annuelle	Selon la consommation des différentes qualités de FOL
204	Fioul domestique	évolution annuelle	Selon les évolutions réglementaires
205 et 25B	Gazole et Gazole Non Routier et Biocarburant gazole	évolution annuelle	Selon les évolutions réglementaires

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g SO <sub>2</sub> / GJ	Source
208 et 28B	Essence et biocarburant essence	évolution annuelle	Selon les évolutions réglementaires
214	Solvants usagés	78	[7]
215	Liqueur noire	Valeurs spécifiques	-
218	Autres déchets liquides	Valeurs spécifiques	-
301	Gaz naturel	0,5	[2, 3]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	
303	GPL GPLc	2,2 8,7 jusqu'en 2009 et 2,2 depuis 2010	[13, 14]
304	Gaz de cokerie	530	[3, 6]
305	Gaz de haut fourneau	30	[637]
308	Gaz de raffinerie / pétrochimie	Valeurs spécifiques	-
309	Biogaz (55% CH <sub>4</sub> )	Valeurs spécifiques	-
312	Gaz d'aciérie	14	[6]

#### Teneur en azote et facteurs d'émission nationaux

La teneur en azote combiné des combustibles a une incidence sur la formation des NO<sub>x</sub> "fuel". Cependant, du fait de voies de formation multiples des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub> "thermique" et NO<sub>x</sub> "prompt") et de la forte dépendance des émissions de NO<sub>x</sub> aux caractéristiques de l'équipement de combustion et de ses conditions d'exploitation, la teneur en azote des combustibles n'est pas utilisée pour déterminer les émissions.

Les émissions de NO<sub>x</sub> dépendent des conditions d'exploitation, du type d'équipement thermique, du combustible et des dispositifs d'épuration. Elles sont déterminées, soit par mesure, soit au moyen d'un facteur d'émission (systématique pour les petites sources fixes et les sources mobiles).

Les facteurs d'émission par défaut pour les chaudières des installations industrielles sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 36 : Récapitulatif des FE NO<sub>x</sub>

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g NO <sub>x</sub> / GJ	Source
101 à 105	Charbons, agglomérés de houille, lignite	160 (foyer à grille classique), 200 (foyer à projection), 340 (chauffe frontale), 280 (chauffe tangentielle), 95 à 150 (lit fluidisé), 160 (autres secteurs)	[22] [458]
111	Bois	200	[67]
203	Fioul lourd	170	[22]
204	Fioul domestique	100	[22]
224	Autres produits pétroliers	170	[22]
301	Gaz naturel	60	[22]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g NO <sub>x</sub> / GJ	Source
303	GPL	60	[22]
308	Gaz de raffinerie / pétrochimie	63	[126]

Les autres équipements (turbines, moteurs fixes, fours et autres) sont traités au cas par cas. En règle générale, les facteurs d'émission sont significativement plus élevés. Excepté pour les fours et certains cas particuliers, les données disponibles sont globales et ne permettent pas de distinguer les différents équipements qui sont alors assimilés à des chaudières.

Dans les cas des secteurs de la production de chaleur centralisée et du résidentiel-tertiaire, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés, notamment pour la biomasse (se reporter aux sections correspondantes).

### **Emissions de COVNM**

Les émissions sont généralement déterminées au moyen d'un facteur d'émission. Les facteurs d'émission par défaut pour les chaudières des installations industrielles sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 37 : Récapitulatif des FE COVNM

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g COVNM / GJ	Source
101 à 104	Charbons, agglomérés de houille	1 et 23 selon les puissances	[939, 940]
105	Lignite	1,4 et 23 selon les puissances	assimilé au charbon
111	Bois	4,8	[67]
203	Fioul lourd	2,3 et 5 selon les puissances	[939, 940]
204	Fioul domestique	0,8 et 15 selon les puissances	[939, 940]
224	Autres produits pétroliers	2,3 et 5 selon les puissances	assimilé au FOL
301	Gaz naturel	2,6 et 2 selon les puissances	[939, 940]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	
303	Gaz de pétrole liquéfié (GPL)	2,6 et 2 selon les puissances	[939, 940]
308	Gaz de raffinerie / pétrochimie	2,58	[1264]

Les autres équipements (turbines, moteurs fixes, fours et autres) sont traités au cas par cas quand la distinction des consommations est disponible.

Dans les cas des secteurs de la production de chaleur centralisée et du résidentiel-tertiaire, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés, notamment pour la biomasse (se reporter aux sections correspondantes).

### **Emissions de CO**

Les remarques ci-dessus relatives aux NO<sub>x</sub> s'appliquent sauf aux TAG en ce qui concerne le facteur d'émission. Toutefois, la mesure est rarement pratiquée et l'utilisation d'un facteur d'émission est quasi généralisée.



Tableau 38 : Récapitulatif des FE CO

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g CO / GJ	Source
101 à 104	Charbons, agglomérés de houille, lignite	8,7 et 350 selon les puissances	[939, 940]
105	Lignite	8,7 et 350 selon les puissances	assimilé au charbon
111	Bois	250	[67]
203	Fioul lourd	15,1 et 40 selon les puissances	[939, 940]
204	Fioul domestique	16,2 et 40 selon les puissances	[939, 940]
224	Autres produits pétroliers	15,1 et 40 selon les puissances	assimilé à du FOL
301	Gaz naturel	39 et 30 selon les puissances	[939, 940]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	
303	Gaz de pétrole liquéfié (GPL)	39 et 30 selon les puissances	[939, 940]
308	Gaz de raffinerie / pétrochimie	12,1	[1264]

Dans le cas des secteurs de la production de chaleur centralisée et résidentiel-tertiaire, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés (se reporter aux sections correspondantes).

#### Emissions de NH<sub>3</sub>

Les émissions de NH<sub>3</sub> liées à la combustion sont faibles sauf en présence d'équipements d'épuration particuliers. Pour les sources fixes, les émissions de NH<sub>3</sub> liées à la combustion sont estimées selon les principes suivants :

- Installations > 50 MW (chaudières) : d'après le Guidebook EMEP [939], pour les installations >50 MW, il n'est pas attendu de NH<sub>3</sub> sauf en cas de système d'abattement des émissions de NO<sub>x</sub> (SCR ou SNCR).
- Installations < 50 MW (chaudières) : d'après le Guidebook EMEP [940], pour toutes les chaudières < 50 MW et les appareils du résidentiel consommant des combustibles solides, du NH<sub>3</sub> est susceptible d'être émis du fait de températures basses dans la chambre de combustion. Il n'y a pas de FE pour les CMS du 1A4a/c (Not Estimated (NE) dans le Guidebook) mais des facteurs sont disponibles pour le bois et pour les CMS du résidentiel.

Tableau 39 : Facteurs d'émission de NH<sub>3</sub> du bois et des CMS

Type d'installations	FE bois	FE CMS
Chaudières < 50 MW	37 g/GJ	Not estimated
Chaudières et autres équipements du résidentiel	selon équipements	0,3 g/GJ

- Fours : Il n'est pas attendu d'émissions de NH<sub>3</sub> dans les fours de l'industrie car les températures y sont plus élevées que dans les chaudières.

Dans le cas du secteur résidentiel et plus spécifiquement pour la biomasse, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés (se reporter aux sections correspondantes).

Pour les sources mobiles, les facteurs d'émission utilisés sont décrits dans les sections appropriées.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de particules totales sont déterminées, soit par mesure, soit au moyen d'un facteur d'émission.

La présence et la quantité de particules totales varient selon la nature du combustible, l'origine de ce dernier et les émissions dépendent au moins pour certains de la nature des équipements thermiques et des dispositifs d'épuration.

Les facteurs d'émission présentés ci-après sont des valeurs nationales applicables, sauf indication contraire spécifique, aux installations de combustion > 50 MW. En effet pour les installations > 50 MW, des mesures sont en général réalisées. Attention, comme indiqué ci-dessus, la variabilité des équipements dans certains secteurs conduit à utiliser des facteurs d'émission différents. A titre d'exemple, dans le secteur résidentiel, l'utilisation de la biomasse dans des équipements moins performants que des chaudières industrielles abouti à des émissions particulières plus importantes.

En pratique, l'utilisateur de cette section doit vérifier que des facteurs d'émission spécifiques ne sont pas définis pour des catégories de sources particulières avant d'employer ces valeurs. L'absence d'indication signifie que, soit l'émission est négligeable, soit que seules des valeurs spécifiques sont applicables.

Ces facteurs d'émission proviennent du Guidebook EMEP [940] [1224] et de l'étude du Citepa [67] pour le bois.

Tableau 40 : Récapitulatif des FE TSP

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g TSP/ GJ < 50 MW (hors résidentiel)	Prise en compte des condensables	Référence
101	Charbon à coke	82	Non	[940]
102	Charbon vapeur	82	Non	[940]
103	Charbon sous-bitumineux	82	Non	[940]
105	Lignite	82	Non	[940]
111	Bois et assimilé	100*	Non indiqué	[67]
116	Déchets de bois	100*	Non indiqué	[67]
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	50	Non indiqué	[1224]
204	Fioul domestique	5	Non indiqué	[1224]
301	Gaz naturel	0,9	Non	[939]
31B	Biométhane		Idem gaz naturel	
303	Gaz de pétrole liquéfié	0,9	Non	[939]

\* à noter que le FE proposé pour le bois ne tient probablement pas compte des systèmes de traitement des poussières qui pourraient être mis en œuvre.

Dans les cas du secteur du chauffage urbain, des secteurs tertiaire, industriel et agricole, des facteurs d'émission spécifiques peuvent être utilisés pour la biomasse pour les installations identifiées comme inférieures à 20 MW (se reporter aux sections correspondantes).

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de particules dépendent des conditions d'exploitation, du type d'équipement thermique, du combustible et des dispositifs d'épuration. Les émissions de particules totales sont déterminées, soit par mesure, soit au moyen d'un facteur d'émission.

Les profils granulométriques varient suivant le combustible et le ou les type(s) de dépoussiéreur(s) mis en œuvre. Pour chaque secteur de l'énergie, excepté la production d'électricité et la combustion du bois dans le secteur résidentiel, une combinaison des différents types de dépoussiéreurs mis en œuvre (cyclones, laveurs, électrofiltres, filtres à manches) est retenue et les profils suivants sont appliqués [66] sauf indication contraire indiquée dans les sections spécifiques à chaque catégorie de sources :

Combustibles minéraux solides hors bois - Codes NAPFUEc concernés : 102 - 103 - 104 - 105

tranche granulométrique	% répartition des particules totales				
	Electrofiltre	Filtre à manches	Laveur	Cyclone	sans dépoussiérage
PM <sub>10</sub>	75	76	71	68	26
PM <sub>2,5</sub>	41	40	51	43	10
PM <sub>1,0</sub>	20	20	31	30	5

Combustibles pétroliers - Codes NAPFUEc concernés : 203 - 204 - 303

tranche granulométrique	% répartition des particules totales				
	Electrofiltre	Filtre à manches	Laveur	Cyclone	sans dépoussiérage
PM <sub>10</sub>	63	63	100	95	66
PM <sub>2,5</sub>	41	41	97	22	38
PM <sub>1,0</sub>	28	28	84	21	27

Bois et déchets de bois - Codes NAPFUEc concernés : 111 - 116

tranche granulométrique	% répartition des particules totales		
	Electrofiltre, Filtre à manches, Laveur	Cyclone	sans dépoussiérage
PM <sub>10</sub>	92	60	62
PM <sub>2,5</sub>	77	32	48
PM <sub>1,0</sub>	59	15	40

Gaz naturel - Codes NAPFUEc concernés : 301

Les émissions dues à la consommation de gaz naturel sont généralement faibles par comparaison avec les autres combustibles quelle que soit la taille des particules [414]. Il est fait l'hypothèse que toutes les particules sont des PM<sub>1,0</sub>.

tranche granulométrique	% répartition des particules totales
PM <sub>10</sub>	100
PM <sub>2,5</sub>	100
PM <sub>1,0</sub>	100

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio est dépendant du type de combustible et du secteur où a lieu la combustion. La principale source de données pour ces ratios est le Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants dans sa version la plus récente. Les pourcentages utilisés sont présentés dans chaque section.

**Métaux lourds (ML)**

Ces éléments traces sont contenus en quantité variable dans les combustibles ainsi que dans les matières premières entrant dans certains procédés industriels. Leur présence et leurs quantités varient selon la nature du combustible, l'origine de ce dernier et les émissions dépendent au moins pour certains de la nature des équipements thermiques et des dispositifs d'épuration.

Les métaux lourds considérés dans les inventaires d'émission (dans le cadre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance ainsi qu'au titre de l'E-PRTR) sont : Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Mercure (Hg), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Sélénium (Se) et Zinc (Zn).

D'autres éléments métalliques peuvent être présents tels que Vanadium (V), Cobalt (Co), Thallium (Tl), etc. Cependant, ceux-ci, bien que faisant l'objet de valeurs limites d'émissions dans le cadre des dispositions réglementaires nationales, n'appartiennent pas actuellement aux champs délimités pour les inventaires d'émission.

Les facteurs d'émission qui suivent, proviennent de plusieurs études :

- étude du Citepa [70],
- article scientifique d'Atmospheric Environment [573],
- guide EMEP édition 2013 ([574] et [575]),
- mesures réalisées par GDF [639],
- projet Corcea de l'ADEME [1212],
- guide EMEP édition 2023 [1265].

Ces facteurs d'émission sont des valeurs nationales applicables, sauf indication contraire spécifique, aux installations de combustion. Attention, comme indiqué ci-dessus, la variabilité des équipements dans certains secteurs conduit à utiliser des facteurs d'émission différents. A titre d'exemple, dans le secteur résidentiel, l'utilisation de la biomasse dans des équipements moins performants que des chaudières industrielles débouche sur des émissions particulières plus importantes et par voie de conséquence des émissions de métaux lourds provenant de la biomasse plus importantes.

En pratique, l'utilisateur de cette section doit vérifier que des facteurs d'émission spécifiques ne sont pas définis pour des catégories de sources particulières avant d'utiliser ces valeurs. L'absence d'indication signifie que soit l'émission est négligeable soit seules des valeurs spécifiques sont applicables.

Arsenic

Code NAPFUEc	Désignation	mg As/ GJ	référence
101	Charbon à coke	2,7	[70]
102	Charbon vapeur	2,7	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	3,5	[70]
105	Lignite	4,1	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	9,46 et 9,5 selon les puissances	[1265][70]
117	Déchets agricoles		

Code NAPFUEc	Désignation	mg As/ GJ	référence
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	4,5	[70]
204	Fioul domestique	0,002	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,002	[573]
301	Gaz naturel	0,012	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

## Cadmium

Code NAPFUEc	Désignation	mg Cd/ GJ	référence
101	Charbon à coke	0,15	[70]
102	Charbon vapeur	0,15	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	0,20	[70]
105	Lignite	0,24	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	1,76 et 1,4 selon les puissances	[1265][70]
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	1,25	[70]
204	Fioul domestique	0,001	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,001	[573]
301	Gaz naturel	0,000 07	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

## Chrome

Code NAPFUEc	Désignation	mg Cr/ GJ	référence
101	Charbon à coke	5,8	[70]
102	Charbon vapeur	5,8	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	7,5	[70]
105	Lignite	8,8	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	9,03 et 47 selon les puissances	[1265][70]
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	8,5	[70]
204	Fioul domestique	0,286	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,286	[573]
301	Gaz naturel	0,0013	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

## Cuivre

Code NAPFUEc	Désignation	mg Cu/ GJ	référence
101	Charbon à coke	6,2	[70]
102	Charbon vapeur	6,2	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	8,0	[70]
105	Lignite	9,4	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	21,1 et 31 selon les puissances	[1265][70]

Code NAPFUEc	Désignation	mg Cu/ GJ	référence
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	6,5	[70]
204	Fioul domestique	0,174	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,174	[573]
301	Gaz naturel	0,006	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

## Mercure

Code NAPFUEc	Désignation	mg Hg/ GJ	référence
101	Charbon à coke	11,5	[70]
102	Charbon vapeur	11,5	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	15	[70]
105	Lignite	17,7	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	1,51 et 0,8 selon les puissances	[1265][70]
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	2	[70]
204	Fioul domestique	0,055	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,055	[573]
301	Gaz naturel	0,0001	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

## Nickel

Code NAPFUEc	Désignation	mg Ni/ GJ	référence
101	Charbon à coke	7,7	[70]
102	Charbon vapeur	7,7	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	10	[70]
105	Lignite	11,8	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	14,2 et 11 selon les puissances	[1265][70]
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	700	[70]
204	Fioul domestique	0,002	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,002	[573]
301	Gaz naturel	0,003	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

## Plomb

Code NAPFUEc	Désignation	mg Pb/ GJ	référence
101	Charbon à coke	2,7	[70]
102	Charbon vapeur	2,7	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	3,5	[70]
105	Lignite	4,1	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	20,6 et 90 selon les puissances	[1265][70]

Code NAPFUEc	Désignation	mg Pb/ GJ	référence
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	9,25	[70]
204	Fioul domestique	0,007	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,007	[573]
301	Gaz naturel	0,013	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

Dans le cas de l'essence, les facteurs d'émission de plomb ont évolué dans le temps du fait de la réglementation. Les données avant 2000 ont été communiquées par l'UFIP [13] et les données à partir de 2001 proviennent de l'article scientifique de « Atmospheric environment » [573].

Année	1990	1995	2000	A partir de 2001
Facteur d'émission Pb (mg/GJ)	4 915	1 686	12	0,034

#### Sélénium

Code NAPFUEc	Désignation	mg Se/ GJ	référence
101	Charbon à coke	0,62	[70]
102	Charbon vapeur	0,62	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	0,8	[70]
105	Lignite	0,9	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	1,2 et 7 selon les puissances	[1265][70]
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	4	[70]
204	Fioul domestique	0,002	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,002	[573]
301	Gaz naturel	0,00004	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

#### Zinc

Code NAPFUEc	Désignation	mg Zn/ GJ	référence
101	Charbon à coke	19,2	[70]
102	Charbon vapeur	19,2	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	25	[70]
105	Lignite	29,4	[70]
111	Bois et assimilé		
116	Déchets de bois	181 et 290 selon les puissances	[1265][70]
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	25	[70]
204	Fioul domestique	0,452	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,452	[573]
301	Gaz naturel	0,0015	[575]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

**Polluants Organiques Persistants (POP)**

Les Polluants Organiques Persistants (POP) pris actuellement en compte dans les inventaires d'émission et susceptibles d'être émis dans l'atmosphère lors de la combustion de combustibles sont les suivants :

- les dioxines et furannes (PCDD/F),
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),
- les polychlorobiphényles (PCB),
- l'hexachlorobenzène (HCB).

Les émissions dépendent de la présence de certains composés dans les combustibles et les matières premières (notamment le chlore et le fluor) ainsi que de la nature des équipements thermiques, des conditions de fonctionnement et des dispositifs d'épuration. Ces émissions sont très sensibles aux conditions de fonctionnement, en conséquence, les facteurs d'émission utilisés restent accompagnés d'une forte incertitude. Lorsque des mesures sont disponibles, celles-ci sont privilégiées.

Sauf cas particulier tel que les HAP pour la biomasse utilisée dans des foyers où la combustion est mal maîtrisée ou d'éventuels combustibles particuliers, les émissions de POP sont généralement faibles.

En ce qui concerne les HAP, l'inventaire d'émission différencie les composés suivants dont les quatre premiers correspondent aux composés couverts par la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière :

- benzo(a)pyrène (BaP),
- benzo(b)fluoranthène (BbF),
- benzo(k)fluoranthène (BkF),
- indeno(1,2,3-cd)pyrène (IndPy),
- benzo(g,h,i)pérylène (BghiPe),
- fluoranthène (FluorA),
- benzo(a,h)anthracène (BahA),
- benzo(a)anthracène (BaA).

Les valeurs indiquées ci-après, sont les valeurs nationales appliquées par défaut pour les installations de combustion dès lors que des valeurs spécifiques ne sont pas définies pour une catégorie de source particulière (cf. les sections correspondantes).

En pratique, l'utilisateur de cette section doit vérifier que des facteurs d'émission spécifiques ne sont pas définis pour des catégories de sources particulières avant d'employer ces valeurs. L'absence d'indication signifie, soit que l'émission est négligeable, soit que seules des valeurs spécifiques sont applicables.

Il y a lieu de garder en mémoire la grande variabilité des émissions en fonction des conditions opératoires et le niveau limité des connaissances dans l'interprétation et l'utilisation de ces valeurs.

**Dioxines et furannes**

Les facteurs d'émission de dioxines et furannes proviennent d'un outil de l'UNEP [355] sauf pour le bois et les déchets agricoles pour lesquels une étude du Citepa est utilisée [67].

Code NAPFUEc	Désignation	ng PCDD/F Iteq/ GJ
101	Charbon à coke	10
102	Charbon vapeur	10
103	Charbon sous-bitumineux	10
105	Lignite	10



Code NAPFUEc	Désignation	ng PCDD/F Iteq/ GJ
111	Bois et assimilé	40
116	Déchets de bois	40
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	2,5
204	Fioul domestique	0,5
301	Gaz naturel	0,5
31B	Biométhane	0,5
303	Gaz de pétrole liquéfié	0,5

### Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Au sens de la CEE-NU, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy).

Les facteurs d'émission des HAP pour les sources fixes proviennent de différentes sources :

- base de données CATEF [577] pour le fioul lourd et le fioul domestique,
- étude US-EPA [576] pour les combustibles gaz naturel et charbon/lignite,
- étude CONCAWE [396] pour le gaz de raffinerie.

Code NAPFUEc	Désignation	mg BaP/GJ	mg BbF/GJ	mg BkF/GJ	mg IndPy/GJ
101	Charbon à coke	0,0007	-	-	0,0012
102	Charbon vapeur	0,0007	-	-	0,0012
103	Charbon sous-bitumineux	0,0007	-	-	0,0012
105	Lignite	0,0007	-	-	0,0012
111 (*)	Bois et assimilé (*) (< 50MW)	0,5	1,1	0,3	2,00,5
	Bois et assimilé (≥ 50MW)	1,118	0,043	0,015	0,037
116 (*)	Déchets de bois (*) (< 50MW)	0,5	1,1	0,3	2,00,5
	Déchets de bois (≥ 50MW)	1,118	0,043	0,015	0,037
203	Fioul lourd HTS/BTS/TBTS	0,0075	0,0109	0,0024	0,004
204	Fioul domestique - Chaudière	0,0155	0,0125	0,0147	0,0196
204	Fioul domestique - TAC	0,0145	0,3477	0,3612	0,0087
301	Gaz naturel	0,0006	0,0008	0,0008	0,0008
31B	Biométhane		Idem gaz naturel		
303	Gaz de pétrole liquéfié	0,0006	0,0008	0,0008	0,0008
308	Gaz de raffinerie	0,0007	0,0011	0,0006	0,0006

(\*) dans l'industrie seulement, pour le résidentiel et le tertiaire : voir les sections relatives à ces deux secteurs.

Code NAPFUEc	Désignation	mg BghiPe / GJ	mg BaA / GJ	mg BahA / GJ	mg FluorA / GJ
101	Charbon à coke	0,0005	0,0015	-	0,0137
102	Charbon vapeur	0,0005	0,0015	-	0,0137
103	Charbon sous-bitumineux	0,0005	0,0015	-	0,0137
105	Lignite	0,0005	0,0015	-	0,0137
111 (*)	Bois et assimilé (< 50MW)	0,5	0,2	0,2	3,0
	Bois et assimilé (≥ 50MW)	0,04	0,028	0,004	0,688
116 (*)	Déchets de bois (< 50MW)	0,5	0,2	0,2	3,0
	Déchets de bois (≥ 50MW)	0,04	0,028	0,004	0,688
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	0,0064	0,004	0,0047	0,047
204	Fioul domestique - Chaudière	0,0207	0,0311	0,0155	0,0878
204	Fioul domestique - TAC	0,0092	0,0252	0,0087	0,2609
301	Gaz naturel	0,0006	0,0008	0,0006	0,0013
31B	Biométhane	Idem gaz naturel			
303	Gaz de pétrole liquéfié	0,0006	0,0008	0,0006	0,0013
308	Gaz de raffinerie	0,6	0,8	0,6	1,3

(\*) dans l'industrie seulement, pour le résidentiel et le tertiaire voir les sections relatives à ces deux secteurs.

#### Polychlorobiphényles

Les facteurs d'émission de polychlorobiphényles (PCB) proviennent de plusieurs sources [40, 346, 347, 350].

Code NAPFUEc	Désignation	µg PCB / GJ	Référence
101	Charbon à coke	55	[346]
102	Charbon vapeur	55	[346]
103	Charbon sous-bitumineux	72	[346]
105	Lignite	141(<50 MW)	[40]
		106 (>50 MW)	
111	Bois et assimilé	31	[350]
116	Déchets de bois	31	assimilé au bois
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	15	[40]
204	Fioul domestique	8,6	[347]
301	Gaz naturel	A priori nul ou négligeable	
31B	Biométhane		

Hexachlorobenzène

Les facteurs d'émission d'hexachlorobenzène (HCB) pour les sources fixes et mobiles proviennent du guidebook EMEP [74].

Code NAPFUEc	Désignation	µg HCB / GJ
101	Charbon à coke	0,62
102	Charbon vapeur	0,62
111	Bois et assimilé	3,3
116	Déchets de bois	3,3
117	Déchets agricoles	3,3
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	
204	Fioul domestique	A priori nul ou négligeable
301	Gaz naturel	
31B	Biométhane	

## 3.2 Industrie de l'énergie (NFR 1A1)

### 3.2 Energy industry

### 3.2.1 Caractéristiques de la catégorie

#### 3.2.1 Main features

#### 3.2.1.1 Production centralisée d'électricité, chauffage urbain et UIDND avec récupération d'énergie (NFR 1A1a)

##### 3.2.1.1 Public electricity and heat production

Le secteur 1A1a est une catégorie clé en émissions pour le SO<sub>2</sub>, plusieurs métaux lourds (Pb, Cd, Hg, As, Cr, Ni, Zn) et pour le HCB et les PCB, du fait de la combustion de combustibles liquides et solides notamment. Ce secteur est aussi une catégorie clé en termes d'évolution pour les NO<sub>x</sub>, le SO<sub>2</sub>, plusieurs métaux lourds (Cd, Hg, As, Ni, Se), les PCDD-F et le PCB, du fait de la réduction de la part des combustibles solides et liquides au cours de la période.

Tableau 41 : Polluants pour lesquels le secteur 1A1a est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NO <sub>x</sub>	6	3,4%	2	17,7%
SO <sub>2</sub>	3	10,3%	1	40,2%
Cd	-	-	3	21,5%
Hg	2	18,5%	1	32,4%
As	5	7,3%	5	10,3%
Cu	-	-	5	4,6%
Ni	4	8,8%	3	14,8%
Se	-	-	4	7,9%
Zn	6	4,0%	-	-
PCDD/F	-	-	1	49,4%
HCB	1	37,9%	-	-
PCB	3	10,5%	2	16,5%

Les consommations considérées dans ce secteur concernent la production centralisée d'électricité, la production centralisée de chaleur, notamment le chauffage urbain, ainsi que l'incinération d'ordures ménagères avec récupération d'énergie.

Jusqu'en 2011, une tendance à la baisse des consommations de combustibles solides (charbon) est constatée parallèlement à une augmentation des consommations de gaz naturel, de biomasse et des « autres » (déchets). En 2012 et 2013, une hausse de la consommation des combustibles solides est observée due essentiellement à l'augmentation de la consommation de charbon dans les centrales thermiques de production d'électricité. L'exploitation massive du gaz de schiste aux Etats-Unis (exportation de charbon à bas prix) ainsi qu'un prix du quota européen au plus bas expliquent ce regain de consommation. Plusieurs éléments conjoncturels expliquent la chute globale de l'activité 1A1a en 2014 : la douceur historique de cette année, combinée à une production plus importante d'électricité du parc électronucléaire notamment. La chute particulière de la consommation de charbon est également due à la fermeture de plusieurs centrales électriques au charbon anticipant le renforcement des normes en termes d'émissions de polluants.

De manière générale, la très forte fluctuation des consommations est directement liée à la structure de la production d'électricité en France (i.e. nucléaire, thermique à flamme, énergie renouvelable) qui varie d'une année sur l'autre ainsi qu'aux conditions climatiques, les combustibles fossiles étant essentiellement consommés pendant les périodes de pointe. L'impact des conditions climatiques est particulièrement visible sur les années 2011 ou 2014, marquées par un climat doux et une baisse des émissions.

➤ Les centrales thermiques électriques

L'importance du parc électronucléaire de production d'électricité en France métropolitaine, complété par les moyens de production d'électricité d'origine ne laisse qu'une relative faible part à la filière thermique à flamme, qui ne contribue à la production d'électricité sur le territoire national qu'à hauteur de 5 à 15%, selon l'année.

L'autoproduction d'électricité des secteurs industriels et du chauffage urbain est comptabilisée dans le secteur producteur, à savoir, respectivement, les rubriques NFR 1A2 et 1A1a.

Le tableau suivant illustre les contributions des différentes filières à la production nationale d'électricité, autoproduction comprise.

Tableau 42 : Production brute et consommation d'électricité en Métropole

source Citepa / format CCNUCC - mars 2024	Production brute et consommation d'électricité en TWh - Métropole												
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Production nationale</b>	421	494	540	576	569	572	556	554	574	563	524	548	468
Hydraulique, éolien et photovoltaïque	54	74	67	53	74	84	90	83	103	103	115	111	103
Thermique nucléaire	314	377	415	452	429	437	403	398	413	399	354	379	295
Thermique classique	49	40	53	67	62	45	58	67	52	56	50	52	64
Solde des échanges	-45	-70	-69	-60	-31	-64	-42	-40	-63	-58	-45	-45	15
Importations	7	3	4	8	19	10	20	21	14	16	20	24	52
Exportations	-52	-73	-73	-68	-50	-74	-61	-61	-76	-73	-65	-69	-37
Pompages et Consommation des auxiliaires	-26	-29	-32	-35	-34	-15	-15	-15	-16	-15	-15	-15	-15
<b>Consommation (1)</b>	<b>349</b>	<b>395</b>	<b>438</b>	<b>481</b>	<b>504</b>	<b>493</b>	<b>499</b>	<b>499</b>	<b>495</b>	<b>490</b>	<b>464</b>	<b>488</b>	<b>467</b>

(1) Consommation intérieure ou énergie appelée, non corrigée du climat

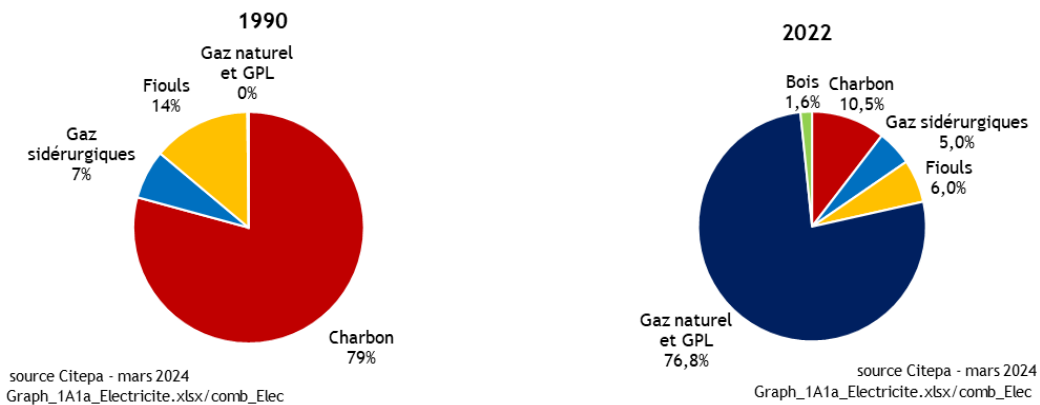
Source : SDES

En Métropole, le nombre de sites concernés tend à rester à peu près stable depuis 1990, autour d'une trentaine. Les sites de la Métropole sont majoritairement équipés de chaudières au charbon et fioul lourd. Mais, depuis 2005, cette situation tend à s'inverser progressivement, avec la mise en service d'une dizaine de nouvelles centrales au gaz et la fermeture progressive des centrales au charbon et fioul lourd. Les équipements constitués principalement de chaudières qui consommaient 99% de l'énergie entrante en 1990 voient leur part passer à environ 40% ces dernières années, au profit des turbines et moteurs, avec la mise en service des nouvelles centrales au gaz depuis 2005 [19, 20, 21].

La part de biométhane consommé est retranchée de la consommation de gaz naturel à partir des données du bilan énergétique annuel [34] et des publications annuelles du panorama du gaz renouvelable [1112].

Les centrales thermiques électriques ont consommé environ 6,15 Mtep d'énergie en 2022. Les figures suivantes présentent la répartition par combustible des consommations de ces installations en 1990 et en 2022.

Figure 49 : Mix de combustibles des centrales thermiques de production d'électricité en Métropole



Quelques faits sont à signaler pour expliquer les tendances des émissions et consommations :

- En 2004, l'arrêt d'une tranche consommant des gaz sidérurgiques (gaz de hauts-fourneaux, en particulier) a entraîné la baisse de consommation de ces gaz.
  - La mise en service et la montée en puissance, depuis 2005 sur le sol métropolitain, de plusieurs turbines à combustion et cycles combinés gaz ont contribué à la hausse de consommation de gaz naturel.
  - L'arrêt progressif d'une partie des centrales thermiques à charbon en France métropolitaine depuis 2013 a contribué à la baisse de consommation de charbon.
  - En 2022, le parc de centrales nucléaires a connu un bas niveau de disponibilité, avec de nombreux réacteurs à l'arrêt, à la suite de la découverte en 2021 d'un phénomène de fissuration par corrosion sous contrainte. Sur la même période, le prix de l'électricité a fortement augmenté pour les entreprises et les ménages, qui ont réalisés des efforts de sobriété énergétique. La baisse de la consommation d'électricité a toutefois été nettement inférieure à celle de la production nationale. L'année 2022 est donc singulière, avec un recours accru aux centrales thermiques au gaz naturel et un solde des échanges importateur.
- **Les installations de chauffage urbain**

Il y a en France métropolitaine plus de 650 installations de chauffage urbain alimentant presque 900 réseaux de distribution (production centralisée de chaleur en vue de sa distribution à des tiers au moyen de réseaux de distribution).

Les installations ont consommé au total 1,8 Mtep en 1990 et 2,2 Mtep en 2022. Cette consommation est variable selon les années et dépend notamment de la rigueur climatique. Cependant, on peut noter le développement de la cogénération depuis le début des années 2000 qui induit un niveau de consommations plus élevé qu'en 1990 (où seule la production de chaleur existait).

Tableau 43 : Production du chauffage urbain en Métropole

	Nombre de réseaux	Chaleur vendue (GWh)	Electricité vendue (GWh)
1990	366	22 594	-
1992	372	25 114	-
1993	373	24 840	-
1994	377	24 157	-
1995	379	23 695	584
1997	375	24 300	957
1999	392	23 846	1 562
2002	394	23 212	4 279
2005	391	24 470	5 307
2006	391	24 340	5 800
2007	425	23 133	5 471
2008	427	25 256	5 791
2009	432	24 949	5 064
2010	436	26 505	4 833
2011	473	21 807	4 530
2012	384	23 356	4 740
2013	411	24 920	3 921
2014	536	20 485	2 736
2015	607	22 769	3 403
2016	669	24 643	3 671
2017	761	25 078	4 263
2018	781	25 394	4 317
2019	798	25 560	3 599
2020	833	25 365	3 266
2021	898	29 762	3 519
2022	946	26 264	3 180

source SNCU Graph\_1A1a\_ChauftUrb.xlsx/ChaufUrb

Depuis 1990, une baisse importante des consommations de charbon et de fioul est constatée au profit du gaz naturel, dont la contribution est passée de 22% à 57% de la consommation énergétique totale du secteur entre 1990 et 2022. Le recours à la biomasse solide se développe également de façon notable : sa contribution est passée de 0,2% à 38,5% des consommations totales entre 1990 et 2022.

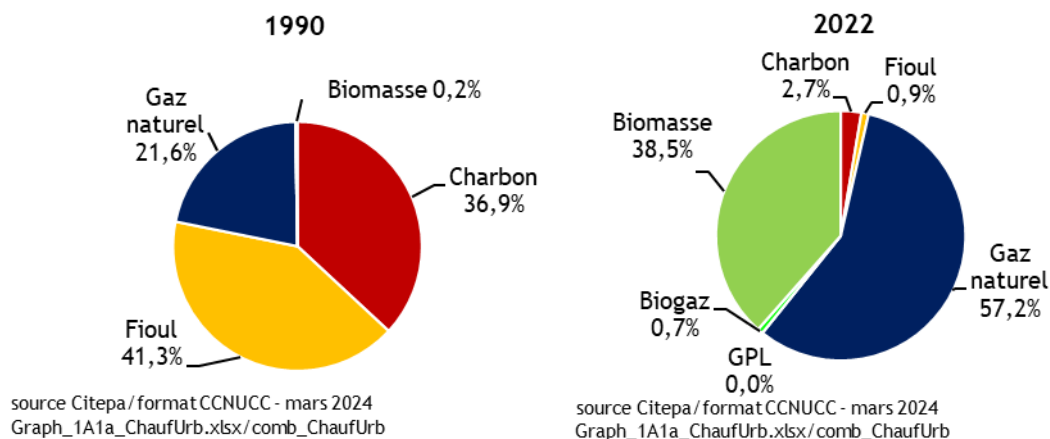


Figure 50 : Évolution du « panier » de combustibles des installations de chauffage urbain

- Les UIDND (usines d'incinération de déchets non dangereux) avec récupération d'énergie Cf. section relative au secteur NFR 5C1a.

### 3.2.1.2. Raffinage du pétrole (1A1b)

#### 3.2.1.2 *Petroleum refining*

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 1A1b est source clé :

Tableau 44 : Polluants pour lesquels le secteur 1A1b est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO <sub>2</sub>	-	-	3	7,3%
Ni	6	5,7%	2	19,0%
Se	-	-	5	7,2%

Il y a actuellement 10 raffineries déclarant une activité en France dont une située en Martinique (territoire hors PTOM) et une récemment reconvertie en bioraffinerie (site de La Mède, dont la plateforme a vu en 2022 la création du nouveau site de bioraffinage Ecoslops).

Les sites de raffinage ont connu des modifications de capacité au cours des années écoulées.

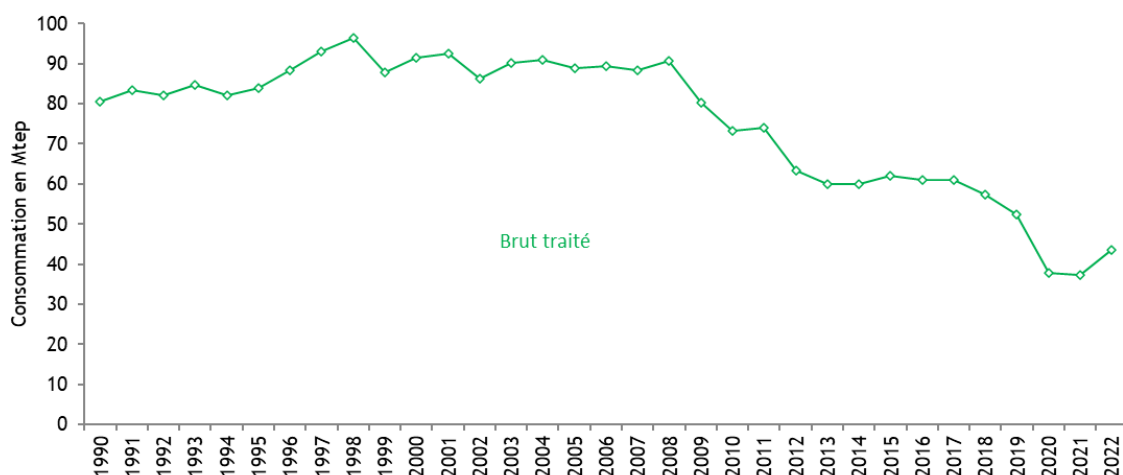
Le site de La Mède a arrêté le traitement du pétrole brut fin 2016 et a été transformé pour créer la première bioraffinerie française afin de répondre à la demande croissante en biocarburants. La production des biocarburants du site de la Mède a démarré en juillet 2019.

On notera également que :

- 9 raffineries ont fermé dans la période 1980 - 1985,
- En 2003, un site a abandonné son activité de raffinage, ne conservant que ses activités pétrochimiques,
- En 2010, la raffinerie des Flandres (Nord) a été arrêtée et reconvertie en dépôt pétrolier. Le démontage des unités a été réalisé jusqu'en 2013 expliquant les faibles consommations énergétiques dédiées aux utilités et déclarées de 2010 à 2013,
- En 2011, la raffinerie de Reichstett (Bas-Rhin) a arrêté son activité,
- En 2012, la raffinerie de Berre (Bouches du Rhône) a été mise en arrêt temporaire pour 2 années dans l'attente d'une reprise de site. En 2014, l'exploitant a annoncé la fermeture de la raffinerie,
- En 2013, la raffinerie de Petit-Couronne (Seine-Maritime) a fermé ses portes. Ce site est en cours de reconversion en entrepôt logistique pour le secteur du e-commerce,
- Enfin, en 2016, la raffinerie de Dunkerque (SRD) n'a pas fonctionné et a définitivement fermé ses portes en Janvier 2017.

Ces fermetures consécutives expliquent ainsi la baisse de la production de brut traité et raffiné en Métropole.





Source CITEPA/format cnucc - mars 2024

Graph\_1A1b.xls/brut\_traité

**Figure 51 : Brut traité dans les raffineries en France métropolitaine et Martinique (Périmètre Kyoto)**

Le graphique ci-dessus présente les évolutions pour la métropole et l'outre-mer inclus dans l'UE, donc avec la production en Martinique. Il est à noter que la production en Outre-mer (Martinique) est très marginale (0,8 à 1,3% de la quantité totale de brut traité).

En 2022, la quantité de brut traité dans les raffineries françaises est de 44 Mtep contre 80 Mtep en 1990.

La quantité de brut traité a fortement chuté entre 2008 et 2010 (-19%). Cette baisse brutale s'explique notamment par la crise économique mondiale installée courant 2008 qui a entraîné la fermeture de plusieurs sites dans les années suivant cette crise. Entre 2010 et 2012, la production a encore chuté (-14%) à la suite de la fermeture d'autres sites. La production s'est ensuite stabilisée jusqu'en 2017 autour de 60 Mtep. Depuis 2017, on observe une reprise de la baisse de la quantité de pétrole brut traité, avec une réduction de -29% entre 2017 et 2022. L'année de 2020, très impactée par la pandémie de Covid-19, a vu une chute inédite de -28%. On observe un léger rebond en 2022 mais qui n'atténue pas la tendance baissière de long terme.

Le creux de 1999 s'explique par une situation économique affaiblie en France (diminution de la consommation intérieure et augmentation des importations). La baisse observée en 2002 est liée aux « grands arrêts quinquennaux » pour maintenance dans 6 raffineries, entraînant une baisse d'activité.

Parmi les spécificités des installations françaises, il faut noter :

- qu'un site utilise des gaz de haut-fourneau du site sidérurgique voisin, ce qui explique les émissions spécifiques importantes pour la catégorie des combustibles solides pour ce secteur,
- qu'un site a démarré une turbine à combustion en 2004 au gaz naturel, dont la pleine capacité est atteinte à partir de 2005. Cet équipement consomme plus de 80% des quantités totales de gaz naturel allouées à ce secteur,
- parmi les combustibles dits « liquides », il faut noter la part très importante des gaz de raffinerie (plus de 50% des consommations totales d'énergie).

### 3.2.1.3. Transformation des combustibles minéraux solides et raffinage du gaz (1A1c)

#### 3.2.1.3 *Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries*

Le secteur 1A1c n'est pas catégorie clé en niveau en 2022 et n'est pas non plus catégorie clé en évolution.

##### ➤ Transformation de combustibles minéraux solides (*Manufacture of Solid Fuels*)

Cette section concerne les activités liées à la combustion lors de la transformation des combustibles minéraux solides (essentiellement les mines pour la transformation du charbon, et les cokeries minières et sidérurgiques pour la production de coke). Elle traite également de la fabrication du charbon de bois.

En France, la transformation de combustibles solides est pratiquement circonscrite à la production de coke dans les cokeries minières et les cokeries sidérurgiques. La liquéfaction, la gazéification et la production de combustibles défumés sont inexistantes ou marginales.

L'activité minière hors cokerie est également rapportée dans cette catégorie. Le dernier bassin a cessé toute exploitation en 2004.

Il n'existe plus de cokerie minière en France depuis fin 2009. Trois cokeries sidérurgiques (i.e. au sein des sites intégrés de fabrication d'acier) existaient jusqu'en mai 2020 en France. A partir de 2021, seules deux cokeries sidérurgiques sont recensées.

La fabrication de charbon de bois figure également parmi les activités couvertes par cette catégorie.

##### ➤ Raffinage du gaz (*Gas refining*)

Cette section concerne la combustion lors du raffinage du gaz ainsi que les activités connexes.

Il n'y avait qu'une seule installation de raffinage de gaz qui traitait le gaz issu du gisement de Lacq en France métropolitaine. L'activité et la consommation d'énergie de ce site ont commencé à décroître progressivement à partir de 1996 avec l'épuisement du gisement et le site a fermé définitivement en 2014.

## 3.2.2 Méthode d'estimation des émissions

### 3.2.2 *Methods for estimating emissions*

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

### 3.2.2.1. Production centralisée d'électricité, chauffage urbain et UIDND avec récupération d'énergie (NFR 1A1a)

#### 3.2.2.1 *Public electricity and heat production*

- Production centralisée d'électricité

Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, etc.) permettent une estimation assez fine des émissions [19, 39]. Ces éléments tiennent également compte des méthodes développées dans le cadre de l'E-PRTR [380].

#### *Emissions de SO<sub>2</sub>*

Les émissions sont déterminées par mesure directe et/ou à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leur teneur en soufre recensées chaque année [19, 20, 21].

Lorsqu'une valeur manque, la moyenne calculée à partir des installations analogues pour la même année est utilisée. A défaut, la valeur moyenne nationale est employée.

### ***Emissions de NO<sub>x</sub>***

Les émissions sont, le plus souvent, déterminées par mesure directe des émissions [19, 20, 21]. Si ce n'est pas le cas, des facteurs d'émission spécifiques ou des facteurs d'émission nationaux par type d'équipement (voir section générale énergie) sont appliqués.

### ***Emissions de COVNM***

Les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission. Des réductions sont en général observées au cours du temps [380].

### ***Emissions de CO***

Les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP / EEA [419] ou du guidebook de la profession [380].

### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Les premiers équipements d'installations avec des dispositifs de réduction des émissions de NO<sub>x</sub> du type réduction catalytique sélective (SCR) datent de 2005. Ces dispositifs sont susceptibles de rejeter du NH<sub>3</sub>. Avant cette date, les émissions de NH<sub>3</sub> sont nulles ou si faibles qu'elles sont négligées. Les émissions sont estimées directement à partir des déclarations des industriels [19].

De 2005 à 2007, seuls des moteurs sont équipés. A partir de 2008, les effluents de certaines installations entrant notamment dans la catégorie des Grandes Installations de Combustion (GIC) fonctionnant au charbon sont également traités.

Des fluctuations interannuelles significatives peuvent être observées du fait d'évènements particuliers. Cependant, les émissions de NH<sub>3</sub> de cette catégorie restent marginales.

### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Les émissions de poussières totales sont mesurées sur la plupart des installations [19, 50], sinon elles sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par défaut [62] pour ce qui est du reste des installations. La variabilité parfois observée pour les années les plus récentes vient, outre l'incertitude élevée sur les mesures, de la plus grande disponibilité de données spécifiques aux installations et d'un moindre recours aux facteurs d'émission par défaut.

Les variations des facteurs d'émission s'expliquent notamment par la prise en compte des résultats de mesures lorsqu'ils sont disponibles à partir de 2004 [19].

### ***Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>***

La répartition des émissions de particules suivant leur taille provient principalement de travaux menés par les producteurs d'électricité [50].

### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>.

Les ratios retenus sont [936] :

- De 2,2% pour les combustibles solides (hors bois),
- De 3,3% pour la biomasse solide,
- De 2,5% pour les combustibles gazeux.

Pour les combustibles liquides, les ratios dépendent aussi du type d'équipement :

- Chaudières et turbines : 5,6%,
- Moteurs : 78%.

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds sont déterminées aux moyens de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible.

Pour la lignite (105), le fioul domestique (204) et le gaz naturel (301), les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées à partir des facteurs d'émission présentés en section générale énergie.

Pour le fioul lourd (203), le coke de pétrole (110, assimilé au fioul lourd) et les charbons (102 et 103), les facteurs d'émission proviennent du guide EURELECTRIC [380].

Pour le charbon, ces facteurs varient au cours du temps en fonction des dispositifs de traitement des émissions de particules mis en place ainsi que de la mise en œuvre de dispositifs visant d'autres substances (comme la SCR qui aurait un impact très significatif sur la fraction gazeuse du mercure). De ce fait, à partir de 2005, la déclaration annuelle des émissions [19] constitue une référence importante. Les valeurs retenues avant 2005 sont des moyennes uniformément appliquées pour toutes les années. Les évolutions observées avant / à partir de 2005 ne reflètent donc pas nécessairement de véritables différences opérationnelles.

**Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années [355].

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les 4 HAP suivants sont aussi estimés : fluoranthène (FluorA), benzo(a)anthracène (BaA), dibenz(ah)anthracène (BahA) et benzo(ghi)pérylène (BghiPe).

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées à partir de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie) et notamment à partir de la référence [968] pour le bois.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

- **Chauffage urbain**

Les installations de chauffage urbain sont distinguées en trois catégories :

- Installations de puissance supérieure à 50 MW : ces installations sont recensées individuellement chaque année dans le cadre de l'inventaire GIC (Grandes Installations de Combustion) [39] et leurs consommations sont donc connues de façon exhaustive. Il s'agit principalement de chaudières ;
- Les turbines à gaz supérieures à 20 MW : ces équipements sont recensés à partir des déclarations individuelles pour les quotas de GES depuis 2005 ;
- Installations de puissance inférieure à 50 MW : les consommations de ces installations sont tirées de l'enquête annuelle du SNCU. Il peut s'agir de chaudières, de TAG ou de moteurs. Une distinction supplémentaire est effectuée pour distinguer les équipements 20-50 MW et ceux < 20 MW à partir des déclarations individuelles pour les quotas de GES ainsi que les équipements inférieurs à 1 MW pour la biomasse uniquement (la consommation des équipements est déterminée à partir des données annuelles du CIBE [1211]).

La catégorie spécifique des installations de production centralisée de chaleur hors chauffage urbain, (généralement à destination d'autres installations industrielles à proximité) est rapportée dans ce

secteur. Les consommations de combustibles associées sont déduites du bilan énergétique national [1] mais ne couvrent que le gaz naturel et les CMS.

L'enquête sectorielle annuelle donne un cadrage de la consommation d'énergie par combustible. L'enquête n'est pas disponible pour les années 1996, 1998, 2000, 2001, 2003 et 2004. De plus, elle est parfois publiée avec deux années de décalage.

Pour les années manquantes ou pas encore disponibles de l'enquête sectorielle, des extrapolations sont effectuées sur la base des données individuelles disponibles et par rapport aux années les plus proches. En tout état de cause, cette approximation n'introduit pas de biais vis-à-vis de l'estimation des consommations d'énergie car le chauffage urbain est un sous-ensemble du secteur résidentiel/tertiaire du bilan énergétique national [1] et un équilibrage est effectué à ce niveau supérieur. De plus, la consommation d'énergie de ce secteur est relativement modeste (de l'ordre de 2 Mtep, soit un peu plus de 1% du bilan énergétique national).

La part de biométhane consommé est retranchée de la consommation de gaz naturel à partir des données du bilan énergétique national annuel [1] et des publications annuelles du panorama du gaz renouvelable [1112].

Il est à noter que les consommations de combustibles dédiés à l'autoproduction d'électricité des installations de chauffage urbain sont comptabilisées dans ce secteur. Par ailleurs, les consommations d'énergie de ce secteur sont directement liées à la rigueur climatique.

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe et/ou à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leur teneur en soufre recensées chaque année.

Pour les autres installations, les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe et/ou à partir de facteurs d'émission.

Pour les turbines fonctionnant au gaz naturel, un facteur constant de 48 g/GJ issu de [1269] permet de déterminer les émissions de NO<sub>x</sub>.

Pour les autres installations, les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie), à l'exception des installations entre 20 et 50 MW fonctionnant au bois, pour lesquelles les FE sont déduits des déclarations annuelles de rejets selon le découpage suivant :

Période	1990-2001	2002-2010	2011-20XX
Facteur d'émission en g NOX/GJ	200	140	127,8

Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de NO<sub>x</sub> des installations inférieures à 20 MW et pour celles inférieures à 1 MW fonctionnant à la biomasse [1212].

**Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Pour les turbines fonctionnant au gaz naturel, un facteur constant de 1,6 g/GJ issu de [1269] permet de déterminer les émissions de COVNM.

Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de COVNM des installations inférieures à 20 MW faisant partie du Fond Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004] ainsi que pour les FE des installations inférieures à 1 MW [1212].

**Emissions de CO**

Les émissions de CO sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie). Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission des installations inférieures à 1 MW fonctionnant à la biomasse [1212].

Pour les turbines fonctionnant au gaz naturel, un facteur constant de 4,8 g/GJ issu de [1269] permet de déterminer les émissions de CO.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission par défaut par combustible (cf. section générale énergie).

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de TSP sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe et/ou à partir de facteurs d'émission.

Pour les turbines fonctionnant au gaz naturel, un facteur constant de 0,2 g/GJ issu de [1269] permet de déterminer les émissions de TSP.

Pour les autres installations, les émissions de TSP sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible. Ces valeurs sont présentées dans la section générale énergie sauf en ce qui concerne quelques combustibles pour lesquels des facteurs d'émission plus appropriés sont tirés des références [42][936]. Pour les installations entre 20 et 50 MW fonctionnant au bois, les FE sont déduits des déclarations annuelles de rejets [19] et résumés dans le tableau suivant :

Période	1990-2001	2002-2010	2011-20XX
Facteur d'émission en g TSP/GJ	100	18	12,8

Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de TSP des installations inférieures à 20 MW faisant partie du Fond Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004].

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1.0</sub>**

La granulométrie est obtenue en appliquant des profils granulométriques moyens par combustible et techniques de dépoussiérage et les hypothèses suivantes :

- Installations de puissance supérieure à 300 MW : ces installations sont supposées être équipées à 100% d'électrofiltres ;
- Installations de puissance entre 300 et 50 MW : ces installations sont supposées être équipées à 2/3 d'électrofiltres et à 1/3 de filtres à manches ;

- Installations de puissance inférieure à 50 MW : ces installations sont supposées être équipées à 50% d'électrofiltres et à 50% de cyclones.

Les profils granulométriques moyens par combustible sont présentés dans la section générale énergie sauf en ce qui concerne quelques combustibles pour lesquels des valeurs plus appropriées sont tirées de la référence [183].

### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient des références [936][1273].

Les ratios retenus pour les installations de puissance supérieure à 50 MW [936] sont :

- De 2,2% pour les combustibles solides (hors biomasse solide),
- De 3,3% pour la biomasse solide,
- De 5,6% pour les combustibles liquides - FOL,
- De 33,5% pour les combustibles liquides - FOD,
- De 2,5% pour les combustibles gazeux.

Les ratios retenus pour les installations de puissance inférieure à 50 MW [1273] sont :

- De 6,4% pour les combustibles solides (hors biomasse solide),
- De 15% pour la biomasse solide,
- De 56% pour les combustibles liquides,
- De 4,0% pour les combustibles gazeux.

### ***Métaux lourds (ML)***

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Pour l'arsenic (As), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le nickel (Ni) et le plomb (Pb), des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés pour les installations de puissance inférieure à 20 MW ou inférieure à 1MW fonctionnant au bois [1212].

### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Les émissions de dioxines/furannes sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy).

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie) et notamment à partir de la référence [968] pour le bois.

### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Les émissions de PCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Les émissions de HCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

- Les UIDND (usines d'incinération de déchets non dangereux) avec récupération d'énergie

Cf. section relative au secteur 5C1a.

### 3.2.2.2. Raffinage du pétrole (1A1b)

#### 3.2.2.2 Petroleum refining

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 ou 3 selon les années et les substances.

Cette section concerne uniquement les installations de combustion dans le raffinage du pétrole brut ou de produits partiellement élaborés provenant d'autres raffineries.

Les émissions issues des procédés du raffinage, notamment le brûlage de coke lors de la régénération du craqueur catalytique, sont comptabilisées dans la section « 1B2a\_petrol refining » et celles relatives aux torchères « 1B2c\_petrol refining ».

Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, bilans, etc.) [13, 14, 19, 39, 47] permettent une estimation assez fine des émissions de la combustion pour la plupart des substances, notamment celles concourant à l'acidification et au changement climatique.

Les estimations sont effectuées pour chaque sous-ensemble de la raffinerie (fours, moteurs fixes, turbines à gaz, chaudières).

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de ces installations dont la puissance installée est importante sont déterminées par mesure directe et/ou à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leurs teneurs en soufre recensées chaque année et généralement suivies en continu ou avec une fréquence élevée [19, 50]. Lorsqu'une valeur spécifique manque pour un paramètre donné, la valeur de l'année précédente, une valeur d'une installation analogue ou une valeur par défaut (cf. section générale énergie) est utilisée.

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions sont le plus souvent déterminées, soit à partir d'une mesure, soit au moyen de facteurs d'émission tirés de la littérature [446, 447, 448].

#### **Emissions de COVNM**

Les émissions liées à la combustion sont en général faibles. Elles sont déterminées au moyen de facteurs d'émission tirés de la littérature [446, 380, 447].

#### **Emissions de CO**

Les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission tirés de la littérature [446, 447, 448].

#### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables d'autant qu'il n'y a pas actuellement d'installation munie de dispositif d'épuration des NO<sub>x</sub> dont la nature du procédé serait susceptible de rejeter cette substance en quantité significative.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Pour le gaz naturel (NAPFUE 301), le fuel domestique (NAPFUE 204), le gaz de raffinerie (NAPFUE 308) et le GPL (NAPFUE 303), les valeurs proviennent du Guidebook EMEP / EEA [932]. La partie condensable des particules n'est pas prise en compte dans les facteurs d'émission disponibles.

Afin d'évaluer l'évolution du facteur d'émission du FOL (NAPFUE 203) au cours des années, la méthode suivante est appliquée :

- Pour les années récentes (notamment depuis 2004 via les déclarations annuelles des rejets), lorsque les émissions sont déterminées à partir d'une mesure (en continu voire périodique sur la base de plusieurs mesures dans l'année), les émissions par équipement et par combustible



(s'il y en a plusieurs) sont recalculées via les facteurs d'émission fixes, puis le solde des émissions est attribué au fioul de raffinerie (NAPFUE 203).

- En parallèle (à titre de comparaison ou lorsque l'exploitant ne détermine pas ses émissions par la mesure), les algorithmes définis dans le guide du Concawe 1/09 [449] relatifs aux émissions de  $PM_{10}$  du FOL sont appliqués. L'algorithme pour les équipements >100 MW est retenu pour les chaudières (algorithme C) et celui relatif aux équipements de 10 à 100 MW est retenu pour les fours (algorithme B).

Ensuite, le choix des FE retenus par site suit l'une des deux règles suivantes :

1) Mesure(s) disponible(s) sur le site :

Les FE calculés à partir des mesures sont systématiquement retenus (applicable à partir de 2004 en général). Pour les années antérieures, une « règle de trois » est appliquée entre le(s) FE FOL « mesure » et le FE FOL « algorithme » pour réaliser la rétopolation jusqu'en 1990 (basée sur les teneurs en soufre) permettant ainsi de prendre en compte la spécificité de l'installation.

2) Aucune mesure disponible sur le site :

Les facteurs calculés à partir du Concawe sont retenus sur toute la période. Il est donc fait l'hypothèse que les émissions de TSP sont équivalentes aux émissions de  $PM_{10}$  (algorithme du Concawe).

Concernant les moteurs, les facteurs d'émission de TSP utilisés sont les mêmes que pour la production centralisée d'électricité (cf. section sur la production d'électricité).

Généralement les mesures in situ ne prennent pas en compte les condensables.

**Emissions de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{1,0}$**

L'hypothèse est émise que les chaudières et les fours de procédés sont équipés à 50% d'électrofiltres et à 50% de filtres à manches. La granulométrie pour le fioul est alors obtenue en appliquant ces distributions aux profils granulométriques présentés dans la section « 1A\_fuel emission factors ». La même granulométrie est appliquée aux bitumes et au GPL.

Pour le gaz naturel, toutes les particules sont considérées comme des  $PM_{1,0}$ .

Pour le gaz de haut fourneau et le gaz de raffinerie, les données granulométriques proviennent de l'étude ASPA [183].

Concernant les moteurs, la granulométrie utilisée est la même que pour la production centralisée d'électricité (cf. section sur la production d'électricité).

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ . Les ratios retenus dépendent du type de combustible et de l'équipement :

Chaudières/fours :

- 5,6% pour les combustibles liquides,
- 2,5% pour les combustibles gazeux.

Turbines :

- 5,6% pour les combustibles liquides,
- 8,6% pour le gaz naturel.

Moteurs [933] :

- 78% pour les combustibles liquides.

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées à partir de la consommation de combustibles et des facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Les émissions de métaux lourds issues du gaz de raffinerie (NAPFUE 308) sont estimées à partir des facteurs d'émission proposés par le CONCAWE [934].

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines/furannes sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années. Les facteurs d'émission proviennent de l'étude du PNUE [355].

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les 4 HAP suivants sont aussi estimés : fluoranthène (FluorA), benzo(a)anthracène (BaA), dibenz(ah)anthracène (BahA) et benzo(ghi)pérylène (BghiPe).

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années.

Pour les combustibles usuels (fioul lourd, fioul domestique et gaz naturel), les émissions sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie). Les bitumes sont assimilés au fioul lourd. Le GPL est quant à lui assimilé au gaz naturel. Les facteurs d'émission pour le gaz de raffinerie sont tirés du ConcaWE [677].

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années. (cf. section générale énergie).

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

### 3.2.2.3. Transformation des combustibles minéraux solides et raffinage du gaz (1A1c)

#### 3.2.2.3 Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries

##### ➤ Transformation de combustibles minéraux solides (Manufacture of Solid Fuels)

Les consommations de combustibles dédiées au secteur de la transformation du charbon sont issues du bilan national de l'énergie [1]. Il n'y a plus d'activité à partir de 2005.

Les émissions des cokeries minières et sidérurgiques sont déterminées à partir des données spécifiques disponibles (consommations et caractéristiques des combustibles, productions, mesures, etc.) [19, 27, 53]. A partir de 2014, les données de consommations fournies par la fédération professionnelle [27] ne sont plus disponibles. Afin d'estimer les consommations de combustibles pour la production de coke sidérurgique, une estimation de la consommation totale est réalisée à partir de la production et d'un ratio moyen entre la consommation totale et la production de coke, basé sur les années connues. Une répartition moyenne des consommations par type de combustible, basée sur les années connues, est appliquée à la consommation totale afin d'obtenir les consommations par combustible.

Lorsque les cokeries minières fonctionnaient encore (jusqu'en 2009), du gaz de mine et du gaz de cokerie étaient produits. L'une des cokeries réutilisait le gaz de mine et le gaz de cokerie au sein de

la cokerie comme intrants énergétiques, et l'autre n'utilisait que du gaz de cokerie. A partir de l'année 2007, la consommation de charbon à coke pour la production de coke réactif au sein de l'une des cokeries minières s'est arrêtée. Cela impacte les émissions du secteur.

Au sein des cokeries sidérurgiques, le gaz de four à coke produit est réutilisé en tant que source d'énergie dans les différents ateliers du site intégré de fabrication d'acier (au sein de l'atelier de production de coke, de l'agglomération, des hauts-fourneaux, des fours à oxygène ou encore des ateliers connexes). Une partie de ce gaz de cokerie est également vendu, notamment à des producteurs d'électricité.

Les émissions liées à la fabrication du charbon de bois sont calculées à partir de la production [517, 518], et des facteurs d'émission spécifiques au secteur [78].

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

*Pour la transformation du charbon*, les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées au moyen des consommations [1] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie).

*Pour les cokeries minières et sidérurgiques*, les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir des déclarations annuelles [19, 27] à partir de 2004. La fédération professionnelle a transmis des facteurs d'émission de 1999 à 2001 [27]. Le FE est interpolé entre 2001 et 2004. Avant 1999, les facteurs nationaux sont utilisés (cf. section générale énergie).

*Pour les installations de fabrication de charbon de bois*, le facteur d'émission est déterminé en fonction des caractéristiques physiques du bois (cf. section générale énergie).

### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

*Pour la transformation du charbon*, les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées au moyen des consommations [1] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie).

*Pour les cokeries minières et sidérurgiques*, les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir des déclarations annuelles [19, 27] à partir de 2004. La fédération professionnelle a transmis des facteurs d'émission de 1999 à 2001 [27]. Le FE est interpolé entre 2001 et 2004. Avant 2004, les facteurs nationaux sont utilisés (cf. section générale énergie).

*Pour la fabrication du charbon de bois*, le facteur d'émission provient de l'US EPA [66].

### **Emissions de COVNM**

*Pour la transformation du charbon*, les émissions de COVNM sont déterminées au moyen des consommations [1] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie).

*Pour les cokeries minières et sidérurgiques*, les émissions de COVNM sont déterminées au moyen des consommations [19][27] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie).

*Concernant la fabrication du charbon de bois*, deux facteurs d'émission sont considérés selon le type de procédé de production (artisanal ou industriel) ; ils proviennent d'une étude du CITEPA [78]. Le facteur d'émission global varie au cours du temps en fonction de la répartition entre les productions de type artisanale et industrielle.

### **Emissions de CO**

*Pour la transformation du charbon*, les émissions de CO sont déterminées au moyen des consommations [1] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie).

*Pour les cokeries minières et sidérurgiques*, les émissions de CO sont déterminées au moyen des consommations [19][27] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie).

*Concernant la fabrication du charbon de bois*, deux facteurs d'émission sont considérés selon le type de procédé de production (artisanal ou industriel) ; ils proviennent d'une étude du CITEPA [78]. Le facteur d'émission global varie au cours du temps en fonction de la répartition entre les productions de type artisanale et industrielle.

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Pas d'émission attendue.

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

*Pour la transformation du charbon*, les émissions de TSP sont déterminées au moyen des consommations [1] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie).

*Pour les cokeries minières et sidérurgiques*, les émissions de TSP sont déterminées au moyen des consommations [19][27] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie).

*Les facteurs d'émission liés à la production artisanale et industrielle de charbon de bois* (pour les procédés de carbonisation et de stockage / manutention) proviennent d'une étude du CITEPA [78]. Le facteur d'émission global varie au cours du temps en fonction de la répartition entre les productions de type artisanale et industrielle. Faute de données plus précises sur les facteurs d'émission des TSP, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les filtrables (excluant ainsi toute fraction de condensables).

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les facteurs d'émission des PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub> des installations de *transformation de combustibles solides* sont calculés à partir des fractions granulométriques (en pourcentage de TSP) des chaudières de l'industrie d'une puissance inférieure à 50 MW et proviennent de l'USEPA [66], avec l'hypothèse d'un panel d'équipements de filtration constitué de 1/2 de cyclones, 1/10 d'électrofiltres, 1/10 de filtres à manches, d'1/20 de laveurs et de 1/4 sans dépoussiéreurs.

*Pour les cokeries minières et sidérurgiques*, la granulométrie est fournie par la profession sur la base de mesures effectuées sur les installations [27]. A partir de l'année 2021, les émissions de PM<sub>10</sub> déclarées par les deux cokeries sidérurgiques restantes sont directement considérées pour l'estimation des émissions de PM<sub>10</sub> des cokeries sidérurgiques.

*Pour déterminer les facteurs d'émission pour les installations de fabrication du charbon de bois*, la même méthodologie que celle employée pour la transformation de combustibles solides est appliquée, à la différence près que les facteurs d'émission sont ajustés en fonction du type de fabrication : industriel ou artisanal. Le facteur d'émission global varie au cours du temps en fonction de la répartition entre les productions de type artisanale et industrielle.

### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

*Pour la transformation du charbon*, les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio est assimilé à celui de la catégorie 1.A.1 et provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [764].

*Pour les cokeries minières et sidérurgiques*, les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio est assimilé à celui de la catégorie 1.A.1 pour les combustibles liquides et provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants

[768]. Pour le charbon et les combustibles gazeux, les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ , ce ratio est assimilé à celui de la catégorie 1.A.2 et provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants ([761] et [756] respectivement).

Pour la production de charbon de bois, les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ . Ce ratio est égal à 3,3% des  $PM_{2,5}$  et provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [764].

#### ***Métaux lourds (ML)***

*Pour la transformation du charbon et les cokeries minières et sidérurgiques*, les émissions de métaux lourds sont déterminées au moyen des consommations [1][19][27] et des facteurs nationaux pour chaque combustible (cf. section générale énergie). A partir de 2007, il n'y a plus de consommation de charbon à coke dans les cokeries minières, qui ont stoppé leur activité en 2009. Cela explique la baisse des émissions de métaux lourds dès 2007. Pour la consommation de gaz sidérurgiques, pour lesquels il n'existe pas de facteurs d'émission nationaux de métaux lourds, ni de valeurs par défaut spécifiques aux gaz sidérurgiques dans le guide EMEP/EEA 2019, les facteurs d'émissions des métaux lourds pour le gaz naturel sont appliqués aux gaz sidérurgiques (gaz de cokerie, gaz de haut-fourneau, gaz d'aciérie).

Il n'y a pas d'émission estimée pour la fabrication de charbon de bois.

#### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

*Pour les cokeries et les installations de transformation des combustibles solides*, les émissions de dioxines et furannes sont estimées à partir des facteurs d'émission par défaut par combustible (cf. section générale énergie).

Il n'y a pas d'émission estimée pour la fabrication de charbon de bois.

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Pour les cokeries et les installations de transformation des combustibles solides, les facteurs d'émission des HAP sont tirés d'une étude du CITEPA [78].

Pour la fabrication artisanale de charbon de bois, les facteurs d'émission des HAP proviennent de la même référence [78]. Il est à noter qu'il n'y a pas d'émission de HAP considérée dans le cas de la production industrielle de charbon de bois [78].

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

*Pour les cokeries et les installations de transformation des combustibles solides*, les émissions de PCB sont estimées à partir des facteurs d'émission par défaut par combustible (cf. section générale énergie).

*En ce qui concerne la fabrication du charbon de bois*, le facteur d'émission des PCB pour le bois est tiré d'une étude de l'AEAT [346], puis il est affecté du ratio énergétique correspondant en GJ/Mg de charbon de bois produit. Il est considéré constant au cours des années.

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Pas d'émission notable attendue.

#### **➤ Raffinage du gaz (Gaz refining)**

Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, bilans, etc.) [19, 39, 50] permettent une estimation assez

fine des émissions des différents équipements pour la plupart des substances, notamment celles concourant à l'acidification.

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de cette installation sont déterminées à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leurs teneurs en soufre recensées chaque année [19, 50].

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions sont déterminées, soit à partir des déclarations annuelles des émissions (à partir de 2002), soit au moyen d'un facteur d'émission par défaut issu du Guidebook EMEP / CORINAIR [17] entre 1990 et 2002.

#### **Emissions de COVNM**

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques au site.

#### **Emissions de CO**

Les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission par défaut pour les chaudières (voir section générale énergie) et d'un facteur d'émission spécifique pour les moteurs fixes.

#### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables d'autant qu'il n'y a pas actuellement d'installation munie de dispositif d'épuration des NO<sub>x</sub> dont la nature du procédé serait susceptible de rejeter cette substance.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission provenant du Guidebook EMEP / CORINAIR [17] pour le gaz naturel (NAPFUE 301).

#### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Pour le gaz naturel, toutes les particules sont considérées comme des PM<sub>1</sub>.

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient des références [17] et [681].

Les ratios retenus dépendent de l'équipement pour le gaz naturel :

- Chaudière : 2,5%,
- Moteur : 8,6%.

#### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées à partir de la consommation de combustibles et des facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de l'ensemble des dioxines et furanes sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours du temps (cf. section générale énergie).

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les 4 HAP suivants sont aussi estimés : fluoranthène (FluorA), benzo(a)anthracène (BaA), dibenz(ah)anthracène (BahA) et benzo(ghi)pérylène (BghiPe).

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Pour les combustibles consommés dans les installations de raffinage du gaz, les émissions sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens (cf. section générale énergie).

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Pour les combustibles consommés dans les installations de raffinage du gaz, les émissions sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens (cf. section générale énergie).

**3.2.3 Incertitudes**

**3.2.3 Uncertainties**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

**3.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)**

**3.2.4 QA/QC**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

**3.2.5 Recalculs**

**3.2.5 Recent recalculations**

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5. Les recalculs par sous-secteurs (1A1a ; 1A1b ; 1A1c) sont présentés ci-dessous :

**Tableau 45 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A1**

1A1a - Public electricity and heat production	
Données d'activité	<p>Production centralisée d'électricité : légère hausse du gaz naturel (NAPFUE 301) en 2021 et très légère variation de la part de biométhane en 2013-2014 et 2020-2021.                      Production centralisée de chaleur hors chauffage urbain : légère hausse charbon (NAPFUE 102) en 2016 et légère baisse gaz naturel (NAPFUE 301) en 2019-2020.</p> <p>Production centralisée de chaleur : impacts minimes à la hausse ou la baisse liée à des rééquilibrages de consommations entre SNAP 010203 RUBRIC S20, SNAP 010203 RUBRIC I20 et SNAP 010204 sur les NAPFUE 102 (CMS), 111 (bois), 203 (fioul lourd), 204 (fioul domestique) et 301 (gaz naturel) qui peuvent avoir des facteurs d'émission différents.</p> <p>Ajout du prétraitement lié au bilan énergie métropole qui fournit les données de consommation pour la production de chaleur hors Chauffage urbain en RUBRIC N35 : mise à jour des consommations pour la RUBRIC N35 (production de chaleur centralisée hors chauffage urbain) : ajustement des consommations à la baisse des CMS sur 2011-2012, 2016 et 2021, et ajustement minimes à la hausse des consommations de gaz naturel (NAPFUE 301) en 2013-2014 et 2017-2019, à la baisse plus importante en 2020, et très forte en 2021.</p> <p>Incinération des déchets avec récupération d'énergie : modification de la méthode d'estimation des quantités de déchets incinérés en 2021 (année pour laquelle les</p>

	statistiques nationales ne sont pas disponibles). La donnée d'activité était estimée sur la base des exercices de projection. Cette hypothèse avait tendance à créer une baisse systématique des émissions sur la ou les deux dernières années. A présent, on considère la donnée d'activité de la dernière année connue constante sur la ou les deux dernières années inventoriées. Ce changement méthodologique contribue à une hausse des quantités de déchets incinérées et en moyenne des émissions sur l'année 2021.
NOx	Production centralisée d'électricité : baisse entre 2016 et 2019 liée à des corrections du traitement des données GIC. Légère modification à la hausse du FE associé à l'incinération de déchets pour 2020 et 2021.
SOx	Production centralisée d'électricité : hausse à partir de 2016 liée à des corrections du traitement des données GIC. Production centralisée de chaleur : mise à jour du FE SO <sub>2</sub> du fioul lourd (NAPFUE 203) sur les années 2018-2021 et pour les CMS sur 2021. Légère modification à la baisse du FE associé à l'incinération de déchets pour 2020 et 2021.
CO	Production centralisée de chaleur : légère hausse sur 2017-2021 liée à la correction de NAPFUE de 224 vers 25B (SNAP 010202 - sup. à 50MW).
COVNM	Production centralisée de chaleur : légère baisse sur 2017-2021 liée à la correction de NAPFUE de 224 vers 25B (SNAP 010202 - sup. à 50MW).
ML	Production centralisée d'électricité : variation à la hausse ou à la baisse en 2009-2010 et à partir de 2016, due à la mise à jour des FE des ML du bois (NAPFUE 111). Production centralisée de chaleur : pour les installations de plus de 50MW, changement des FE des métaux lourds du NAPFUE 111 : impact à la hausse ou à la baisse selon changements sur 1995-2021.
PCB	Production centralisée de chaleur : légère baisse sur 2017-2021 liée à la correction de NAPFUE de 224 vers 25B (SNAP 010202 - sup. à 50MW).
PM <sub>2.5</sub>	Production centralisée d'électricité : variation à partir de 2016 liée à des corrections du traitement des données GIC. Production centralisée de chaleur : légère baisse sur 2017-2021 liée à la correction de NAPFUE de 224 vers 25B (SNAP 010202 - sup. à 50MW).
PM <sub>10</sub>	
TSP	
BC	
1A1b - Petroleum refining	
TSP	Ajustement sur le calcul des émissions (facteur d'émission) de TSP de la raffinerie de Harfleur pour les années 2017, 2018 et 2021.
NOX, TSP	Modification sur le FE de la chaudière à CO (FCC) de la raffinerie de FOS pour l'année 2021.
1A1c - Manufacture of solid fuels and other energy industries	
SO <sub>2</sub>	Cokeries sidérurgiques : correction du FE SO <sub>2</sub> pour l'année 1991 suite à la détection d'une erreur



### 3.2.6 Améliorations envisagées

#### 3.2.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

## 3.3 Combustion dans l'industrie manufacturière et la construction (NFR 1A2)

### 3.3 Combustion in Manufacturing Industries and Construction

La catégorie 1A2 regroupe les activités de consommation d'énergie de l'industrie manufacturière.

Plusieurs secteurs de l'industrie sont identifiés et notamment l'industrie des métaux ferreux, l'industrie des métaux non ferreux, la chimie, l'industrie papetière, l'industrie agroalimentaire, l'industrie des produits minéraux non-métalliques et l'ensemble des autres branches d'activité (dont BTP, enrobés routiers, etc.) rassemblées dans une catégorie « autres ». Les équipements consommateurs d'énergie dans l'industrie peuvent être répartis en trois familles :

- procédés énergétiques communs à la plupart des secteurs : ils regroupent les activités de combustion sans contact dans les chaudières, turbines et moteurs destinés à produire de la vapeur et/ou de l'électricité,
- procédés énergétiques spécifiques à certains secteurs : ils regroupent les fours sans contact (comme les régénérateurs de hauts-fourneaux, les fours à plâtre, les vapocraqueurs etc.) et les fours avec contact dans les secteurs de la sidérurgie, de la métallurgie, des industries cimentières et verrières, etc.,
- sources mobiles hors transport : elles regroupent les engins et machines à moteurs thermiques utilisés dans l'industrie et le BTP (chariots élévateurs, chargeuses, pelles mécaniques, compacteurs, etc.).

L'autoproduction industrielle d'électricité est comptabilisée dans chaque secteur producteur de cette section.

La consommation d'énergie finale dans le secteur de l'industrie manufacturière en métropole est en baisse entre 1990 et 2022 (-21%), particulièrement ces dernières années depuis la crise économique de 2008-2009 (année 2009 fortement marquée) et l'année 2020 suite à la crise sanitaire. Un léger regain des consommations a été observé en 2021 (+8,2% comparé à 2020) suite à une reprise de l'activité après la crise de la Covid-19, mais une tendance à la baisse est de nouveau observée en 2022 (-3,9% comparé à 2021). La structure énergétique montre une tendance à un recours plus important au gaz naturel (42% du mix énergétique en 1990 contre 57% en 2022) et à la biomasse (7% du mix énergétique en 1990 contre 18% en 2022) au détriment des combustibles liquides et solides (respectivement -76% et -60% entre 1990 et 2022). Une légère chute de la production des installations sidérurgiques en 1993 explique la baisse des consommations de combustibles solides cette année-là.

Parmi les spécificités de cette catégorie, sont à noter :

- la part importante des consommations de gaz sidérurgiques (gaz de hauts-fourneaux, de convertisseurs d'aciérie, et de cokerie) comptabilisés parmi les combustibles « solides ». Ces gaz sont produits et autoconsommés en grande partie par l'industrie sidérurgique dans les hauts-fourneaux et les fours de réchauffage pour l'acier,
- l'augmentation de la part du coke de pétrole dans les combustibles « liquides » imputable à l'industrie des produits minéraux (industrie cimentière en particulier),
- suite à la réglementation applicable aux engins mobiles, depuis 2011, le fioul domestique a été remplacé par le gazole non routier (pris en compte dans la catégorie diesel).

## Sources fixes

L'industrie manufacturière est un ensemble hétérogène dans le sens où l'on constate :

- que des émissions de polluants sont liées à l'utilisation de l'énergie tandis que d'autres sont liées à d'autres phénomènes (mécanique, chimique, etc.),
- la grande diversité des procédés spécifiques aux différents secteurs de la branche et aux divers produits,
- la variabilité des caractéristiques des installations même au sein d'un secteur (type d'équipement, taille, etc.).

Il en résulte que les méthodes d'estimation des émissions font appel :

- d'une part, à des données spécifiques de chaque secteur d'activité (cf. sections suivantes) et,
- d'autre part, à des données communes à tous les secteurs lorsque l'estimation porte sur la combustion de produits fossiles, de biomasse et de déchets valorisés pour leur contenu énergétique dans des équipements (chaudières, engins, etc.) appartenant aux entreprises et activités classées dans l'industrie manufacturière quel que soit le secteur considéré. Ces éléments communs sont présentés dans la section ci-dessous.

Cependant, les phénomènes éventuellement concomitants responsables d'émissions des mêmes substances ou d'autres substances sont traités dans d'autres sections.

La question de la consommation d'énergie de l'industrie manufacturière et de sa répartition dans les différents sous-secteurs est traitée dans la présente section car de nombreuses interrelations existent entre les sous-secteurs. Par ailleurs, cette disposition permet de répondre aux attentes des instances internationales notamment vis-à-vis de la classification internationale des sources retenues pour la présentation des inventaires d'émission.

## Sources mobiles

Les émissions liées à la combustion provenant de sources mobiles du secteur de l'industrie et du BTP (engins mobiles non routiers) sont comptabilisées sous ce terme. Les engins concernés sont essentiellement les équipements de machinerie tels que les groupes électrogènes, les chariots élévateurs, etc. Les engins de transport sont inclus dans les modes de transport correspondants.

Les équipements mobiles consommateurs d'énergie fossile dans le secteur de l'industrie et du BTP sont nombreux et divers. Les parcs d'engins mobiles non routiers (chargeuses, pelles mécaniques, bétonnières, etc.) sont issus de données internes de la profession fournies par EVOLIS [1030]. Par manque de données sur la série temporelle, une extrapolation est réalisée pour la répartition des consommations entre les différents EMNR mais les consommations globales évoluent bien selon les données du SDES [1].

### 3.3.1 Caractéristiques de la catégorie

#### 3.3.1 Main features

Le secteur 1A2 est une catégorie clé en émissions pour de nombreux polluants du fait de la combustion de combustibles liquides et solides notamment. Ce secteur est aussi une catégorie clé en termes d'évolution du fait de l'évolution des consommations des différents combustibles au cours de la période. Les catégories clés sont décrites ci-après pour chacun des sous-secteurs.

**3.3.1.1. Métallurgie des métaux ferreux (fonte grise et acier) (NFR 1A2a)****3.3.1.1 Stationary combustion in manufacturing industries and construction: iron and steel**

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 1A2a est source clé :

Tableau 46 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2a est source clé en 2022

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO <sub>2</sub>	2	14,7%	-	-
CO	3	9,7%	-	-
Pb	2	19,9%	-	-
Cd	2	12,4%	-	-
Hg	5	6,8%	-	-
As	4	7,7%	6	4,9%
Cu	-	-	3	9,1%
Ni	8	5,4%	-	-
Se	3	5,0%	3	12,0%
PCDD/F	-	-	3	19,8%
PCB	5	6,9%	-	-

Dans ce secteur, plusieurs activités de production utilisant des fours sont considérées individuellement et sont décrites ci-après.

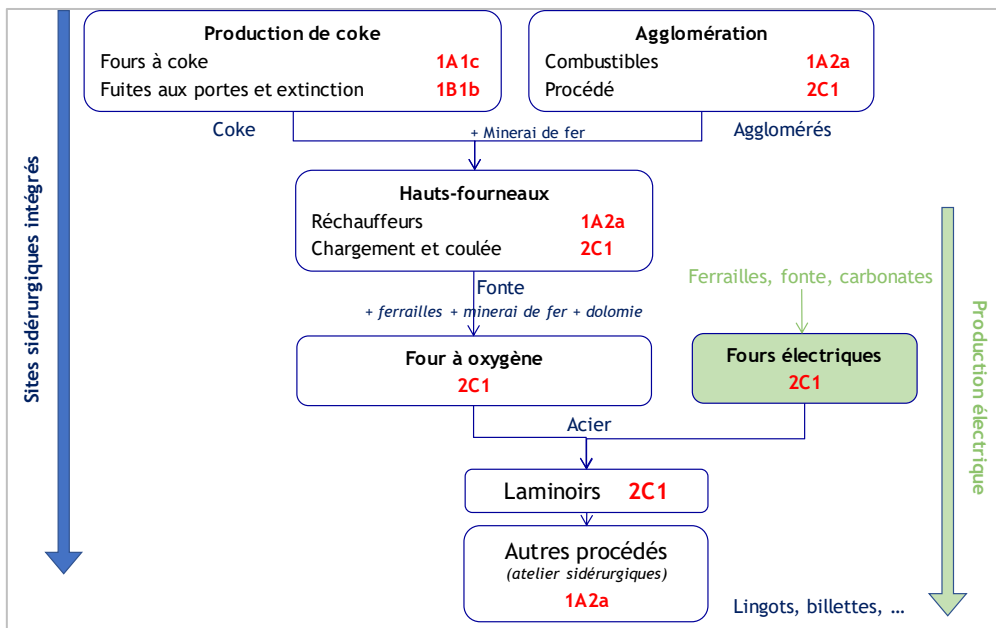
- **Sidérurgie (iron and steel production)**

Les activités traitées dans cette section concernent la consommation de combustibles des ateliers sidérurgiques (émissions liées à la combustion).

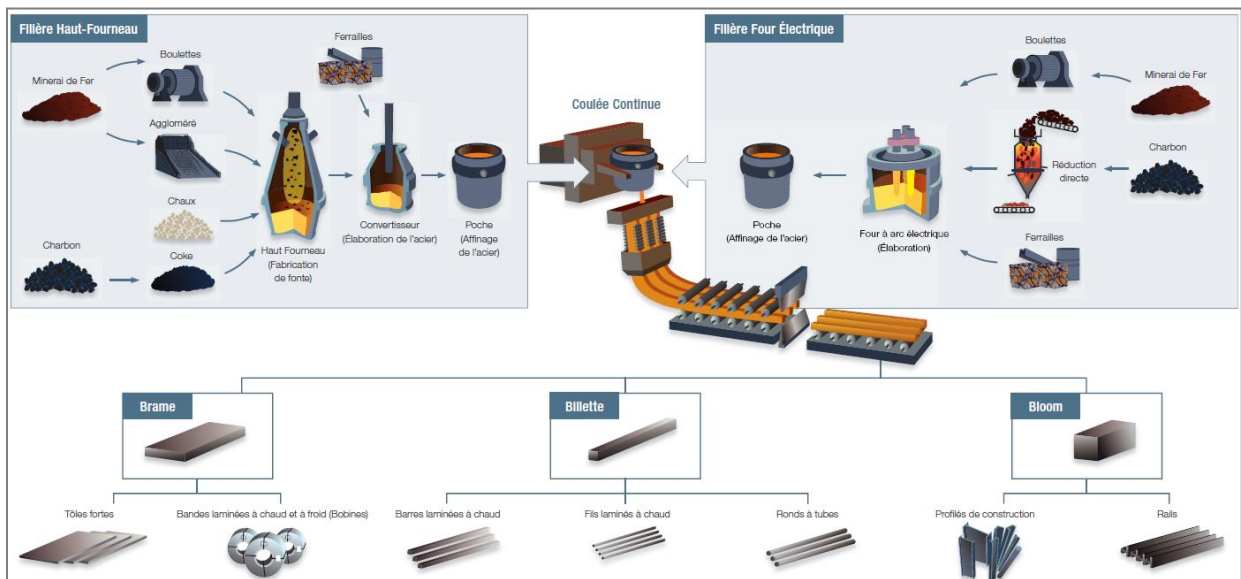
- L'agglomération de minerai ;
- Les réchauffeurs de hauts-fourneaux ;
- Les fours de réchauffage pour les ateliers sidérurgiques autres que ceux précités.

Les émissions liées au procédé, concernant les autres activités (chargement des hauts-fourneaux, coulée des hauts-fourneaux, aciéries à l'oxygène, aciéries électriques et laminaires) sont traitées dans la section « 2C1 - iron steel » (émissions non liées à la combustion). Les installations de combustion connexes nécessaires à l'activité sidérurgique sont traitées dans les sections générales énergie.

Répartition des émissions des ateliers sidérurgiques au sein des secteurs de l'inventaire



Le procédé et les différents ateliers de fabrication sont rappelés ci-dessous.



Source : acier.org

➤ Agglomération de minerai

La chaîne d'agglomération est un atelier dans lequel le minerai de fer est broyé et calibré en grains qui s'agglomèrent entre eux. L'ajout de liants (chaux, castine) et de poussier de coke conduit à la production d'agglomérés. L'aggloméré obtenu est concassé puis chargé dans le haut fourneau avec du coke. Le coke est un combustible résidu solide issu de la distillation de la houille.

➤ Hauts-fourneaux

Les hauts-fourneaux produisent de la fonte à partir du fer extrait du minerai (l'aggloméré) et du coke. Ces deux produits sont introduits par le haut du haut-fourneau. L'air chaud (1 200 °C) insufflé à la base du haut-fourneau provoque la combustion du coke. L'oxyde de carbone formé réduit les oxydes de fer pour isoler le fer. La chaleur dégagée par la combustion fait fondre le fer. Le mélange obtenu est la fonte. Les résidus formés (laitier) sont exploités par d'autres industries : construction de routes, cimenterie, etc. L'opération qui se déroule dans les hauts-fourneaux est consommatrice d'énergie

fossile. Le processus de fabrication comprend, d'une part, la combustion d'énergie fossile (essentiellement du gaz de haut fourneau) aux régénérateurs ou cowpers également appelés « réchauffeurs », qui s'apparente à une combustion sans contact et, d'autre part, des procédés non énergétiques tels que le chargement et la coulée au niveau du haut-fourneau. La présente section traite de la partie non énergétique du procédé, tandis que la partie relative à la combustion est traitée dans la section « 1A2a - iron steel ».

➤ **Autres ateliers**

Les **autres ateliers sidérurgiques** (code SNAP 030302) et les **laminoirs** (code SNAP 040208) permettent de mettre en forme le métal (bandes, lingots, billettes, fils, poutres, etc.). Ces opérations sont consommatrices d'énergie et sources d'émissions diffuses, notamment de COVNM.

Actuellement, deux sites intégrés de production d'acier sont encore en activité (présence du haut-fourneau, du convertisseur à oxygène, et de laminoirs), un site ayant fermé ses hauts-fourneaux et le four à oxygène en octobre 2011. Certains sites disposent d'une ou plusieurs activités spécifiques (hauts-fourneaux par exemple) sans posséder toute la chaîne de production d'acier.

Quatre chaînes d'agglomération existent en France actuellement. Trois hauts-fourneaux dont deux au sein des sites intégrés sont encore en fonctionnement. Ces deux sites comptent les deux convertisseurs à oxygène encore présents sur le territoire français. Une vingtaine d'aciéries électriques existe en France. Les laminoirs étaient au nombre de 70 en 2000 selon l'enquête EACEI (d'après les codes NAF 272 et 273 (sauf 273J)).

• **Production de fonte grise (*grey iron production*)**

La production de fonte (hors fonte de haut-fourneau) regroupe deux grands types de fonte :

- la fonte graphite lamellaire (dite fonte grise),
- la fonte graphite sphéroïdale (dite fonte ductile).

Ces deux types de fonte servent à la fabrication de fonte hydraulique et de bâtiment, fonte sur modèle ou fonte sur album (selon le cahier des charges attendu par le client). La fonte est un alliage de fer et de carbone, contenant entre 2% et 5% de carbone, d'autres éléments tels que du silicium et du manganèse, ainsi que des impuretés, telles que du phosphore ou du soufre.

Les produits en fonte sont obtenus par le moulage de fonte liquide produite, soit immédiatement avant la coulée dans des fours à cubilot, soit par le réchauffage de lingots de fonte dans des fours à induction, à arc électrique ou rotatifs [253].

Les fours à cubilots, majoritairement utilisés en France, sont des fours remplis alternativement de couches de coke de houille et de minerais de fer où l'on souffle de l'air à la partie inférieure après avoir procédé à l'allumage du coke. A mesure de la combustion du coke, les charges de métal s'échauffent et descendent dans le cubilot et la fonte finit par arriver dans la zone de fusion où elle passe à l'état liquide.

### 3.3.1.2. Métallurgie des métaux non ferreux (cuivre, magnésium, plomb et zinc, aluminium secondaire) (NFR 1A2b)

#### 3.3.1.2. *Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-ferrous metals*

Le secteur des métaux non-ferreux (1A2b) est une catégorie clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 47 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2b est source clé en 2022

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Cd	6	6,1%	4	13,1%
Hg	-	-	5	9,0%
As	-	-	4	13,3%
Ni	9	5,3%	-	-
Zn	-	-	2	12,7%
HCB	-	-	1	94,6%

Dans ce secteur, plusieurs activités de production utilisant des fours sont considérées individuellement et sont décrites ci-après.

- **Production de cuivre**

Jusqu'en 2000, la production de cuivre de première fusion avait lieu sur un seul site en France. A partir de 1999, il n'y a plus de raffinage de cuivre de 1<sup>ère</sup> fusion, seulement la transformation de cathodes achetées (déjà raffinées) en billettes. La production de cuivre de seconde fusion avait lieu sur deux sites et s'est achevée en 1998.

Il n'y a plus de production de cuivre de première ou de seconde fusion en France depuis 2000.

#### a/ Production de cuivre de première fusion :

80 producteurs dans le monde utilisent des techniques liées à la pyrométallurgie pour produire plus de 90% de la production totale de cuivre de première fusion.

Les différentes étapes du processus sont :

- Les mines produisent du minerai contenant 1% de cuivre. La concentration en cuivre s'effectue par concassage, passage sur tamis et flottation pour obtenir un minerai titrant 15 à 35% de cuivre.
- La production de cuivre de première fusion est ensuite réalisée par pyrométallurgie qui comprend 4 étapes principales :
  - la cuisson pour réduire les impuretés (soufre, antimoine, arsenic, plomb),
  - le produit obtenu est ensuite fondu et concentré pour aboutir à une mixture de sulfide de cuivre (Cu<sub>2</sub>S),
  - la conversion du produit conduit au "blister" de cuivre titrant 98,5 à 99,5% de cuivre,
  - le produit subit enfin un raffinage thermique (moulage en anodes) puis est envoyé au raffinage électrolytique afin d'éliminer des dernières impuretés : le cuivre se dépose à la cathode et les dernières impuretés restent dans l'électrolyte.

Les cathodes de cuivre sont ensuite refondues dans un four de type ASARCO puis transformées en produits marchands (billettes et plateaux) dans un four de coulée continue.

#### b/ Production de cuivre de seconde fusion :

Le cuivre de seconde fusion est obtenu par fusion des déchets de récupération (fils électriques, laitons, bronze, etc.) contenant des proportions diverses en cuivre, puis converti en cuivre blister dans un convertisseur de type Pierce-Smith par exemple.

Les facteurs d'émission dépendent de la technologie de fusion adoptée et des matériaux utilisés. La seconde fusion du cuivre se déroule comme suit :

- Le prétraitement des déchets inclut le nettoyage et la préparation des déchets pour la fonderie.
- Le passage en fonderie consiste à chauffer les déchets pour séparer et purifier les métaux spécifiques.
- L'ajout facultatif d'un ou plusieurs métaux au cuivre obtenu permet d'obtenir la qualité désirée et les caractéristiques des différents alliages recherchés le cas échéant (principalement laiton et bronze).
- **Production de magnésium**

Entre 1964 et 2001, la production de magnésium a eu lieu sur un seul site en France. Le site a fermé au cours de l'année 2001. Il n'y a plus de production depuis 2002. A partir de 2003, ce site de première fusion du magnésium devient une fonderie de seconde fusion, dont l'activité principale est classée dans l'élaboration et l'affinage des alliages non ferreux [222]. Aucune donnée n'est disponible sur les émissions de CO de la part de l'exploitant.

#### a/ Première fusion

En raison de la grande stabilité des composés et du caractère électrochimique du magnésium, son extraction des minerais exige une grande dépense d'énergie sous forme de courant électrique. La métallurgie est basée soit sur l'électrolyse du chlorure fondu, soit sur la réduction de l'oxyde, par l'intermédiaire de ferro-silicium (ou de charbon ou de carbure de calcium), favorisée par la volatilité du métal.

Le processus métallurgique se déroule en deux phases : la première est la préparation de chlorure ou de l'oxyde purs et la suivante l'extraction du magnésium à partir de ses composés.

- Préparation d'oxydes purs

La production en France était basée entièrement sur l'électrolyse du chlorure fondu, obtenu à partir de la dolomie. La dolomie ( $MgCO_3$ ) est transformée en oxydes ( $MgO$ ) par calcination qui sont soumis à un processus de réduction pour obtenir le métal.

- Production de métal

Le procédé électrolytique fut le premier à être mis au point. L'électrolyte est un mélange fondu de chlorures alcalins et de chlorure de magnésium (extraits de l'eau de mer).

Les procédés industriels de réduction thermique du magnésium sont bien plus récents (entre 1930 et 1940). Dans le principe, on chauffe un mélange de magnésie ( $MgO$ ) obtenu à partir de la calcination de la dolomie -  $MgCO_3$ ), d'un réducteur et de produits de scarification. Le magnésium métal est libéré à l'état gazeux :  $MgO + R \rightarrow RO + Mg$ .

#### b/ Seconde fusion

Outre le site précédemment évoqué après transformation, il existe également d'autres sites de production de magnésium de seconde fusion dont les émissions proviennent des mêmes sources. Les émissions relatives à la combustion sont traitées dans la section générale relative à la combustion dans l'industrie.

- **Production de plomb et zinc de première fusion**

Depuis 2003, il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France et il n'existe plus qu'un site de production de zinc de première fusion. Ce site est séparé en deux entités depuis 2008 pour distinguer l'activité de production brute des activités d'affinage et de laminage. Par cohérence

historique et pour conserver l'exhaustivité sur la période, les émissions des deux établissements sont considérées pour la production de zinc de première fusion.

- **Production de plomb et zinc de seconde fusion**

Il n'y a plus véritablement de production de zinc de seconde fusion en France depuis 2002. Cependant, dans cette activité est comptabilisé un site qui valorise des poussières d'aciérie et des résidus zincifères pour produire des oxydes de Waelz fortement chargés en zinc.

Depuis 2012, il reste trois sites de production de plomb de seconde fusion en France. Deux sites ont fermé entre 2000 et 2002, et en 2012 un troisième site a recentré son activité uniquement sur le broyage des batteries (qui est traitée en section 2C5 relative aux procédés de la métallurgie), celui-ci a cessé son activité depuis 2021.

a/ Plomb de seconde fusion

Le plomb de seconde fusion représente les quantités de plomb qui ont déjà fait l'objet d'une première fusion et/ou de plomb contenu dans des produits recyclés. Après un prétraitement, destiné par exemple à éliminer les matériaux indésirables des batteries ou à effectuer une première fusion sélective (ressuage) des vieux métaux, les matériaux sont placés dans des fours tournants, des fours réverbères ou des hauts-fourneaux, en condition réductrice (obtention de plomb antimonieux - mélange Pb-Sb) ou oxydante (obtention de plomb doux). Les procédés d'affinage ne diffèrent pas notablement de ceux utilisés en première fusion.

b/ Zinc de seconde fusion

La récupération du zinc, dans les déchets métalliques ou vieux zinc, était nettement moins importante que pour les autres métaux (autour de 10% de la production de zinc raffiné). Elle était, de plus, difficile à cerner autant du point de vue quantitatif, à cause de la réutilisation directe du zinc usagé dans la fabrication du laiton par exemple, que du point de vue qualitatif puisque les unités et les procédés utilisés n'avaient pu être répertoriés.

- **Production d'aluminium de seconde fusion**

Outre la 1<sup>ère</sup> fusion, l'aluminium est également produit à partir d'une grande diversité de déchets (canettes de boisson usagées, feuilles minces, déchets commerciaux, métaux laminés ou coulés, résidus d'écémage, laitiers salés, etc.), par l'industrie de 2<sup>nde</sup> fusion. Les produits à recycler passent dans un four de fusion afin de redevenir une matière première destinée à créer de nouveaux produits. Il existe actuellement une dizaine de sites en France (affineurs), de capacité variable, implantés sur tout le territoire.

### 3.3.1.3. Industrie chimique (NFR 1A2c)

#### 3.3.1.3. *Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Chemicals*

Le secteur de la chimie (1A2c) est une catégorie clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 48 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2c est source clé en 2022

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO <sub>2</sub>	9	4,1%	-	-
Hg	9	5,0%	-	-
Ni	-	-	4	8,9%

Dans ce secteur, deux activités de production utilisant des fours sont considérées et décrites ci-après.

- Les fours de vapocraquage :

Le vapocraquage est un procédé pétrochimique qui consiste à obtenir, à partir d'une coupe pétrolière telle que le naphta ou des alcanes légers (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>) les produits suivants :



- des alcènes (aussi appelés oléfines) :  $C_nH_{2n}$  ; ex : éthylène ( $C_2H_4$ ), propylène ( $C_3H_6$ ), butène,
- des hydrocarbures aromatiques (cycliques insaturés) : benzène, toluène, xylène.

Les coupes pétrolières sont introduites en présence de vapeur d'eau (de l'ordre de 30 à 100 % en poids) dans le vapocraqueur qui possède une série de fours. Ce mélange est porté brutalement à 800°C pendant une fraction de seconde puis est très rapidement refroidi. Dans ces conditions, les molécules se scindent en plusieurs morceaux et donnent naissance à divers gaz (hydrogène, méthane, éthane, etc.), de l'éthylène, du propylène, du butadiène, de l'isobutène et d'autres produits insaturés.

Depuis octobre 2015, il reste six vapocraqueurs en activité, tous situés en métropole.

- Les fours de production d'ammoniac :

La synthèse de l'ammoniac est réalisée par reformage à la vapeur à partir du gaz naturel (utilisé en tant que matière première). Une partie de la consommation de gaz naturel des fours d'ammoniac est brûlée pour apporter de la chaleur au procédé afin que la réaction chimique puisse avoir lieu. Ce sont les émissions (hors  $CO_2$ ) liées à cette consommation énergétique qui sont considérées dans cette section, celles liées à la consommation non-énergétique étant considérées en 2B1\_ammonia.

Il y avait, en France, 7 sites de production en activité en 1990. Depuis 2009, il reste 4 sites en activité suite à la fermeture de 2 sites courant 2001 et un autre courant 2009.

### 3.3.1.4. Industrie papetière (NFR 1A2d)

#### 3.3.1.4. *Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Pulp, Paper and Print*

Le secteur de l'industrie papetière (1A2d) n'est pas une source clé en 2022.

Dans ce secteur, il n'y a pas d'activité de production utilisant des fours, considérée individuellement.

### 3.3.1.5. Agro-alimentaire (NFR 1A2e)

#### 3.3.1.5. *Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Food processing, beverages and tobacco*

Le secteur de l'agro-alimentaire (1A2e) est une catégorie clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 49 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2e est source clé en 2022

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO <sub>2</sub>	7	5,1%	-	-
Ni	-	-	5	8,7%

Dans ce secteur, l'activité de production de fourrages, utilisant des fours, est considérée et décrite ci-après.

- Déshydratation de fourrages

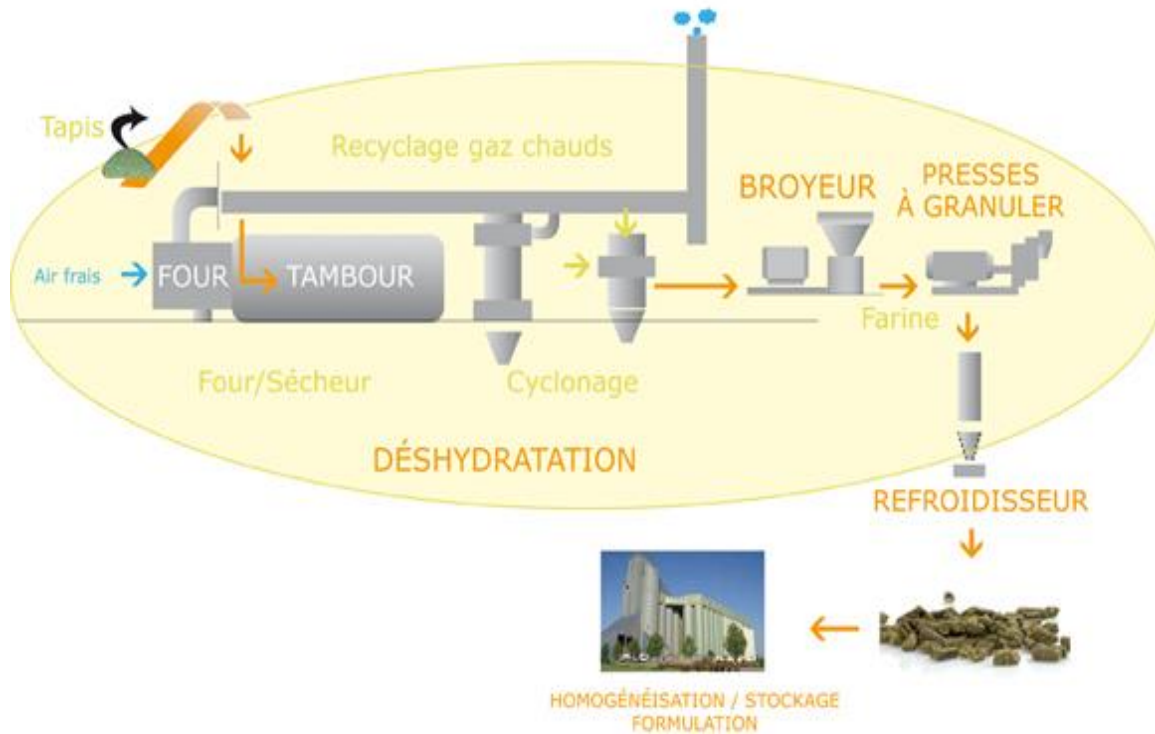
Cette section concerne les émissions induites par la combustion pour la production de fourrages verts déshydratés. La déshydratation de fourrage vert permet de produire des aliments pour animaux (ruminants mais aussi chevaux, lapins, volailles...). Le fourrage vert utilisé est essentiellement la luzerne puis la pulpe de betteraves et dans une moindre mesure d'autres produits. Les fourrages déshydratés se présentent sous forme de granulés ou de balles de fibres longues.

Les sécheurs fonctionnent actuellement au charbon, au lignite, à la biomasse ou au gaz naturel. La chaleur produite entre en contact avec le produit à sécher dans le sécheur (tambour rotatif). Un important programme de substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables est mis en

place dans la filière depuis ces dernières années, en parallèle de la quête perpétuelle de la réduction de la consommation énergétique.

Le schéma suivant présente le fonctionnement d'une usine de déshydratation de fourrage vert.

## La déshydratation de la luzerne



Source : [www.luzernes.org](http://www.luzernes.org)

Les sites de production de fourrage vert n'existent qu'en France métropolitaine. Ils sont au nombre de 26 en 2022.

### 3.3.1.6. Minéraux non métalliques (ciment, émail, céramique, verre, chaux, plâtre, tuiles et briques) (NFR 1A2f)

#### 3.3.1.6. *Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-metallic minerals*

Le secteur des minéraux non métalliques (1A2f) est une catégorie clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 50 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2f est source clé en 2022

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	5	4,5%	5	5,5%
SO <sub>2</sub>	1	19,2%	-	-
Pb	4	5,3%	-	-
Cd	3	11,7%	-	-
Hg	1	19,4%	3	12,2%
As	3	9,3%	1	26,4%
Cr	3	6,3%	-	-
Ni	1	18,4%	-	-
Se	1	63,1%	2	16,5%
PCB	4	7,4%	-	-

Dans ce secteur, plusieurs activités de production utilisant des fours sont considérées individuellement et sont décrites ci-après.

- Production de ciment

Les principales étapes lors de la fabrication de ciment sont les suivantes :

- les matières premières sont extraites des carrières. Les émissions induites par les carrières ne sont pas comptabilisées dans cette section (cf. section relative aux carrières).
- des broyeurs sont utilisés pour réduire ces matières premières en poudre. La poudre obtenue est appelée "farine crue".
- cette farine est transformée en granules par addition d'eau. Les granules sont introduits dans un échangeur à grille pour séchage puis dans des fours dont la plupart sont des fours rotatifs. La température de la flamme est de 2000 °C et la température des matières de 1450 °C. Le produit obtenu est du **clinker**.
- le produit final, le ciment, est obtenu par ajout de produits tels que du gypse, des cendres volantes, etc.

Plusieurs procédés ont été ou sont utilisés en France :

- le procédé par voie sèche,
- le procédé par voie semi-sèche,
- le procédé par voie humide.

Le procédé par voie sèche est le procédé le plus utilisé en France.

Les sources de données relatives à la production de clinker qui ont été utilisées sont les suivantes :

- Jusqu'en 2004 : communication de la production nationale de clinker par l'ATILH ;
- A partir de 2005 : utilisation des déclarations annuelles des sites industriels. Tous les sites pris en compte sont soumis au Système d'Echange de Quotas d'Emissions de l'Union européenne

(SEQE-UE), ce qui permet d'assurer la fiabilité des déclarations. Les données de production nationale communiquées par l'ATILH sont utilisées pour contrôle de cohérence.

- Production d'émail

En France, trois sites de production d'émail sont actuellement identifiés. Seuls deux de ces sites sont soumis à la déclaration annuelle des rejets de polluants atmosphériques du fait de leur taille. Faute d'informations, seuls ces deux sites sont retenus dans le calcul de l'inventaire national. Toutefois, l'autre petit site est pris en compte dans le solde du bilan de l'énergie. Depuis avril 2010, l'un de ces deux sites retenus dans l'inventaire national a fermé.

Le principe de fabrication d'émail est le suivant :

L'émail est un mélange de silice, minium, potasse et soude. Par la fusion à haute température de ces différents éléments, il est obtenu après broyage une poudre incolore appelée « fondant », qui par sa nature s'apparente davantage au cristal qu'au verre.

L'émail peut être soit transparent, soit opaque. La coloration du fondant s'obtient par addition d'oxydes métalliques réduits en poudre.

L'émaillage consiste à fixer la poudre d'émail sur son support métallique par des cuissons successives et rapides de l'ordre de 800°C. L'or, l'argent, le cuivre, l'acier peuvent constituer le support de toute pièce émaillée.

L'émail est utilisé essentiellement en verrerie et en céramique.

- Production de céramiques fines

Le terme "céramique" regroupe quatre grandes familles :

- la poterie,
- la faïence,
- le grès,
- la porcelaine.

La fabrication de céramiques fines se décompose en quatre étapes principales :

- la fabrication de la terre : les matières premières constituées de terres argileuses sont broyées avec de l'eau. Le grain obtenu est filtré puis pressé dans des filtres à presse. La terre subit ensuite une dernière opération : le désaéragage (étape permettant de supprimer les bulles d'air).
- le façonnage ou modelage : étape de mise en forme du produit.
- la cuisson : avant d'être décoré, l'objet subit une première cuisson à 900°C dont le but est de sécher l'objet déjà façonné avant d'être émaillé. La porcelaine dure doit atteindre 1400°C.
- la décoration : les couleurs sont obtenues grâce à des oxydes métalliques après cuisson - le bleu par le cobalt, le vert/turquoise par le cuivre, le jaune/rouge par le fer, le brun par le manganèse, le rose/pourpre par le chlorure d'or.

- Production de tuiles et briques

La fabrication de tuiles et briques se décompose en plusieurs étapes :

- La matière première est extraite des carrières.

- Un mélange constitué de 20% d'argile jaune et 80% d'argile noire est passé au broyeur puis stocké pendant trois semaines afin de lui assurer une parfaite malléabilité.
- De l'eau et des produits complémentaires tels que du calcaire sont ajoutés à l'argile.
- Une mouleuse constitue ensuite des galettes qui sont emmenées vers des moules types.
- Les tuiles formées sont ensuite séchées dans un sécheur tunnel pendant 12 heures à une température de 85°C.
- De couleur rouge grâce à l'oxyde de fer très présent dans l'argile, les tuiles peuvent être colorées avec des pigments d'origine naturelle par exemple.
- Les tuiles sont ensuite cuites pendant 21 heures dans des fours tunnel. La température peut atteindre environ 1100°C.

- Production de verre

La production de verre se répartit en plusieurs secteurs :

- la production de verre plat (SNAP 030314) qui correspond aux glaces et verres à vitres, 6 sites de production en activité.
- la production de verre creux (SNAP 030315) qui comporte les bouteilles et bombonnes, les flacons et les pots industriels, la gobeletterie et les bocaux. Le verre creux, avec 31 sites en activité, est le poste le plus important dans la fabrication de verre puisqu'il représente plus de 60% de la production totale de verre en poids.
- la production de fibres de verre (en particulier laine de verre et fils de verre) (SNAP 030316) compte 9 sites en activité.
- la production de verre technique (SNAP 030317) qui regroupe en particulier, la lunetterie et l'optique, les ampoules, le verre pour télévision et radio, le verre de laboratoire, les isolateurs, compte 5 sites en activité.
- la production de fibre minérale (laine de roche) (SNAP 030318), uniquement 4 sites en activité.

Tous les sites de production de verre sont localisés en France métropolitaine.

Le secteur du verre est le principal émetteur de sélénium en France, notamment du à son emploi pour la coloration des verres.

Les sources de données relatives à la production qui ont été utilisées sont les suivantes :

- **Verre plat (030314)** : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011.
- **Verre creux (030315)** : de 1990 à 2013, les données proviennent de la Fédération des Industriels du Verre [457]. Le rapport d'activité de la Fédération des Industriels du Verre n'est plus disponible depuis 2014. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2013.
- **Fibre de verre (030316)** : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011.
- **Verre technique (030317)** : de 1990 à 2004, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Depuis 2005, le SESSI ne fournit plus de donnée sur cette activité. Comme

des écarts importants sont observés entre les statistiques de la Fédération des Industriels du Verre [457] et les statistiques du SESSI, la production retenue correspond à l'évolution entre deux années des statistiques de la Fédération des Industriels du Verre appliquée à la dernière année disponible du SESSI. Le rapport d'activité de la Fédération des Industriels du Verre n'est plus disponible depuis 2014. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2013.

- **Fibre minérale (030318)** : depuis 2001, les données de production proviennent des déclarations individuelles des industriels [19]. Avant cette date, faute de données précises, il est fait l'hypothèse du maintien de la production de 2001 depuis la date de création de chaque site industriel.

La production de verre totale correspond à la somme de ces différentes productions.

Les différentes étapes intervenant dans la fabrication du verre sont les suivantes :

- Le calcin, nécessaire à la fusion, est une matière première qui est, soit produite par l'installation (réutilisation du surplus de production, récupération des pièces rejetées par le contrôle qualité, etc.), soit récupérée à l'extérieur (recyclage du verre).
  - Les matières premières utilisées lors de la fabrication de verre sont : la silice sous forme de sable, l'oxyde de sodium sous forme de carbonate, les éléments alcalino-terreux sous forme de chaux ou de dolomie.
  - La fusion de ces matières premières ainsi que du calcin s'effectue, soit dans un four de combustion, soit dans un four électrique à une température de 1550 °C.
  - Le verre incandescent en fusion quitte le four pour passer dans l'avant bassin où il est amené à sa température de travail (500 °C).
  - Il s'écoule ensuite par des goulottes jusqu'aux machines.
- Production de chaux

La fabrication de la chaux se déroule en plusieurs étapes dont les principales sont les suivantes :

- Le calcaire est extrait des carrières. Il est l'élément de base de la fabrication de la chaux. Les émissions provenant des carrières ne sont pas comptabilisées dans cette partie.
- Le calcaire est concassé puis introduit dans des fours verticaux ou des fours rotatifs. Les combustibles utilisés diffèrent selon les fours. Le produit obtenu est de la chaux vive.
- Le passage de la chaux vive à la chaux éteinte se fait par réaction chimique exothermique, dite hydratation. Cette réaction a lieu dans un appareil appelé hydrateur où chaux et eau sont mises en contact.

Deux types de production de chaux sont à distinguer :

- d'une part, la **chaux aérienne** [190], également appelée chaux grasse ou chaux calcique et, d'autre part, la **chaux magnésienne**. La chaux aérienne est principalement constituée d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium qui durcit lentement à l'air sous l'effet du CO<sub>2</sub> présent dans l'air. La chaux magnésienne est constituée intégralement d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium et de magnésium. Elle résulte de la calcination de la dolomie.
- d'autre part, la production de **chaux hydraulique** [19, 196] produite par la calcination d'un calcaire plus ou moins argileux et siliceux avec réduction en poudre par extinction avec ou sans broyage. Elle est constituée d'hydroxyde de calcium, de silicates et d'aluminates de calcium.

- Production de plâtre

Le plâtre est produit à partir de gypse. Le gypse est un sulfate de calcium hydraté, de formule  $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2\text{H}_2\text{O}$ . C'est le sulfate naturel le plus distribué dans la nature. Le plâtre est préparé à partir du gypse naturel par chauffage à une température peu élevée.

La cuisson des gypses peut avoir lieu dans différents types de four : à chambre, à cuve ou tubulaire rotatif.

Différents types de plâtre sont obtenus suivant la température de cuisson :

- plâtres à prise rapide, préparés à basse température (107°C), qui prennent en 1 ou 2 minutes,
- plâtres à staff et à stuc, préparés à une température inférieure à 180°C, qui prennent en 3 à 4 minutes,
- plâtres d'ouvrages, préparés à une température de 200 à 230°C, qui prennent en plusieurs minutes.

Lorsqu'on atteint une température de 600°C, le gypse n'a pratiquement plus de prise et est appelé « plâtre mort ». Par contre, si on atteint 900 à 1200°C, le composé perd une partie du sulfate et devient de la chaux (CaO) qui présente une bonne résistance mécanique et que l'on emploie comme hourdis pour carrelages, dallages, etc. (plâtre à carrelage).

### 3.3.1.7. Autres (enrobés routiers, autres fours) (NFR 1A2gvii & 1A2gviii)

#### 3.3.1.7. *Mobile Combustion in manufacturing industries and construction & Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Other*

Le secteur « Autres » de l'industrie (1A2g) est une catégorie clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 51 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2g est source clé en 2022

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	-	-	3	9,5%
SO <sub>2</sub>	8	4,4%	2	22,4%
As	6	6,2%	-	-
Cr	5	5,4%	-	-
Se	-	-	7	3,1%

Dans ce secteur, plusieurs activités de production utilisant des fours sont considérées individuellement et sont décrites ci-après.

- **Enrobés routiers**

La fabrication d'enrobés routiers se décompose en plusieurs étapes :

- la sélection et le transport de la matière première. Au cours de cette étape, les agrégats sont concassés au niveau de la carrière afin d'obtenir des éléments de taille standard. La matière première est généralement constituée de pierres et de cailloux mais on utilise parfois également du verre pilé.
- l'asphalte est produit, soit par un procédé continu, soit par un procédé discontinu. Simultanément, la matière première (pierres et cailloux concassés) est transportée dans un sécheur puis passe à travers un jeu de tamis.
- l'opération finale consiste à mélanger la matière première et l'asphalte dans une cuve spéciale.

Les centrales d'enrobage mobiles se partagent par moitié entre les procédés continus et discontinus.

La production de bitume représente entre 7% et 8% de la production d'enrobés routiers.

Les émissions déterminées dans cette section sont celles provenant de l'utilisation de combustibles pour alimenter les fours (séchateurs).

### 3.3.2 Méthodes d'estimation des émissions

#### 3.3.2 *Methods for estimating emissions*

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/omineia/>.

L'activité des secteurs de cette catégorie NRF 1A2 est caractérisée par la consommation d'énergie. L'industrie manufacturière fait l'objet d'une classification en sous-secteurs définis dans les formats de restitution des inventaires d'émission (voir plus loin).

Par ailleurs, la nécessité de prendre en compte la nature des équipements de combustion (chaudières, turbines à gaz, moteurs, fours avec et sans contact entre la flamme ou les produits de combustion et la matière première), engins mobiles à moteur thermique, etc. mais également les équipements de dépollution, la taille des installations, etc., tous paramètres influents sur les émissions de certaines substances, est également à considérer.

Ces critères rendent complexes la détermination des consommations d'énergie car il n'existe pas de statistiques appropriées prêtes à cet emploi environnemental. Les consommations énergétiques sont donc reconstituées pour les divers sous-ensembles considérés à partir des statistiques et données disponibles. A cet effet plusieurs sources sont utilisées :

Le bilan de l'énergie du SDES [1] qui couvre l'ensemble de l'industrie y compris l'industrie du bâtiment et des travaux publics (BTP) et la production du tabac, quelle que soit la taille de l'entreprise. Cette statistique propose une répartition des consommations selon les différents sous-secteurs mais la série temporelle n'est pas toujours cohérente. Le bilan de l'énergie du SDES fournit également la part de biométhane consommé, qui est ensuite retranchée à la consommation totale de gaz de réseau. L'autoproduction d'énergie n'est pas incluse dans la catégorie « industrie » par le SDES, elle est incluse dans les secteurs de la transformation d'énergie. Ces consommations sont réallouées par le Citepa aux secteurs autoproducteurs, dont l'industrie, le raffinage et le tertiaire, selon des clés de répartition fournies par le SDES. En revanche, la chaleur produite par des tiers (site en NAF 35) et vendue à l'industrie manufacturière est comptabilisée dans la catégorie « production d'électricité et de chaleur » (1A1a), en accord avec les lignes directrices d'EMEP.

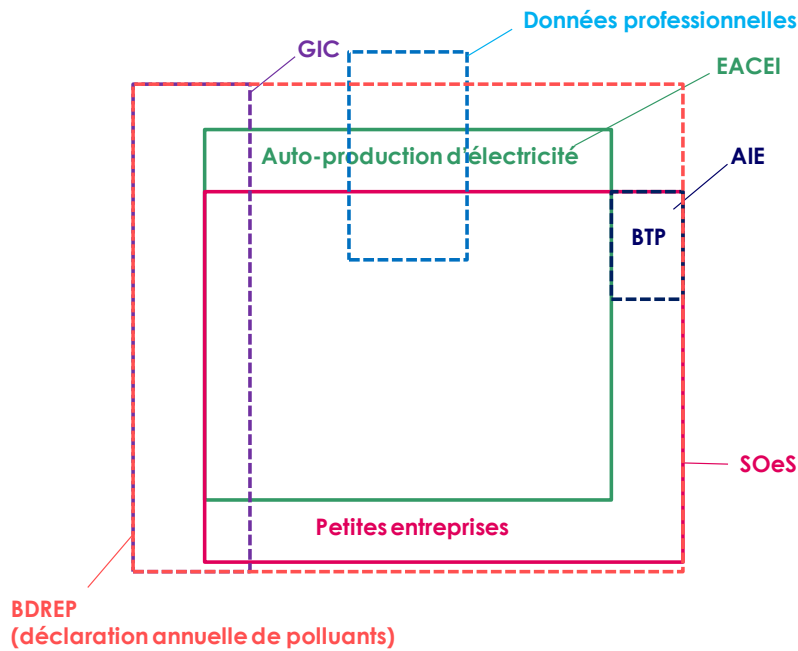
- L'enquête annuelle des consommations d'énergie dans l'industrie [26] qui couvre l'autoproduction d'énergie et la consommation de combustibles tels que biomasse et déchets depuis 2006. Le BTP et l'industrie du tabac ne sont pas inclus dans le champ qui se limite en outre aux entreprises de plus de 20 salariés (10 salariés pour les industries agro-alimentaires). En règle générale, plus de 15 000 établissements sont enquêtés chaque année dont tous les gros consommateurs d'énergie.
- L'inventaire des Grandes Installations de Combustion (GIC) [39] dans lequel les données sont disponibles par combustible pour les installations de plus de 50 MW.
- Les données relatives aux déclarations annuelles des rejets de polluants [19] qui comportent des informations relatives aux différents combustibles consommés et à leurs caractéristiques pour chaque installation.
- Les données statistiques publiques ou internes produites par certains secteurs tels que la sidérurgie [27], la production de ciment [28] et la production d'enrobage routier [64].



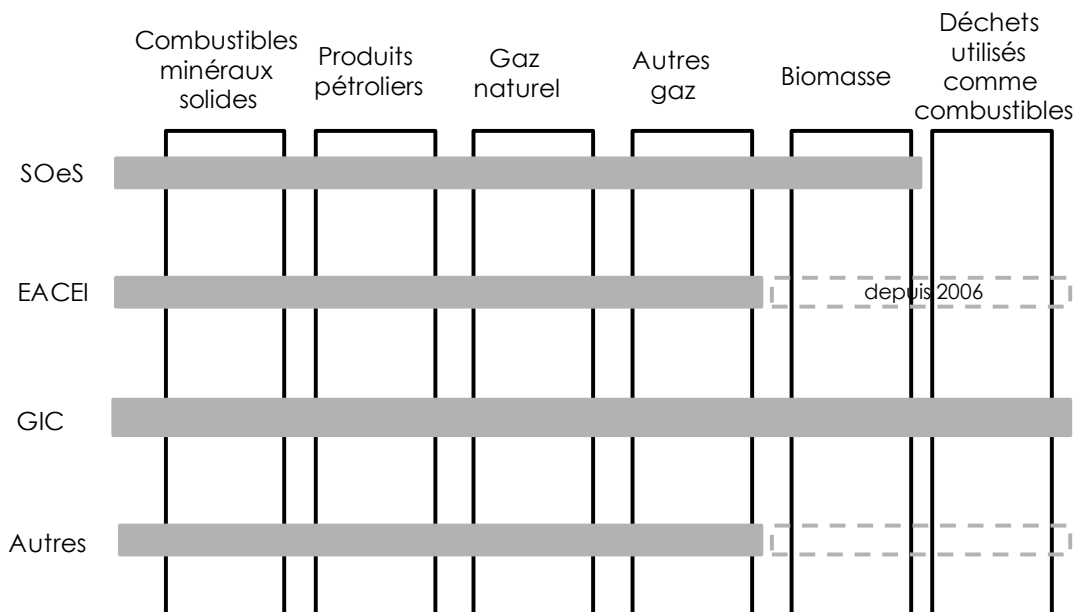
- Les données relatives aux installations soumises au système d'échange de quotas d'émissions (SEQE) : les déclarations annuelles de rejets [19] fournissent les consommations de combustibles particuliers non prises en compte dans les statistiques nationales, et qui sont donc à ajouter au bilan national. Les données SEQE permettent par ailleurs d'effectuer un contrôle de cohérence et vérifier que les émissions totales d'un secteur SEQE ne dépassent pas les émissions du secteur correspondant dans l'inventaire.

Les différences entre les champs des diverses sources sont illustrées par les figures ci-après respectivement en ce qui concerne la couverture sectorielle et la couverture des combustibles.

### Périmètres des sources relatives aux bilans énergétiques



### Périmètres relatifs aux combustibles dans les bilans énergétiques



Les caractéristiques des combustibles prises en compte sont celles disponibles pour les installations considérées individuellement [19, 39] (les plus gros consommateurs généralement). A défaut, les caractéristiques moyennes par défaut sont utilisées (cf. section générale énergie). A noter que les produits dérivés ou déchets utilisés comme combustibles le sont généralement dans des installations de taille importante et sont appréciés sur une base individuelle. L'incertitude sur les niveaux d'activité s'en trouve donc réduite.

Les sous-secteurs identifiés sont ceux définis par les Nations Unies dans le NFR.

Le système d'inventaire retient 8 sous-secteurs dont 2 constituent après agrégation le sous-secteur « autres industries » du CRF / NFR.

Les définitions de ces sous-secteurs figurent dans le tableau ci-après :

#### SELON LE REFERENTIEL NAF rév.2 (version 2008)

Référentiel CCNUCC / CRF et CEE-NU / NFR				Référentiel SNIEBA	
Secteur	ISIC rev 4	NACE rev 2	NAF rev 2	Secteur	Retenu
Iron and steel	241, 2431 et 25	24 (en partie)	24.1 et 24.5 (en partie)	Sidérurgie et métaux ferreux	NCE E16, E17 et E29
Non-ferrous metals	242 et 2432	24 (en partie)	24.4, 2453Z et 2454Z	Métaux non ferreux	NCE E18
Chemicals	20, 21 et 22	20, 21 et 22	20, 21 et 22	Chimie	NCE E23 à E28
Pulp, paper and print	17 et 18	17 et 18	17 et 18	Pâte à papier et carton <sup>8</sup>	NCE E35
Food processing, beverages and tobacco	10, 11 et 12	10, 11 et 12	10, 11 et 12	Industries agro-alimentaires	NCE E12 à E14
Non-metallic minerals	23	23	23	Minéraux non métalliques	NCE E19 à 22
Other	13 à 16, 26 à 32	13 à 16, 26 à 32	13 à 16, 26 à 32	Equipements et matériels de transports	NCE E30 à 33
				Divers industrie	NCE E15, E34, E36 à E38

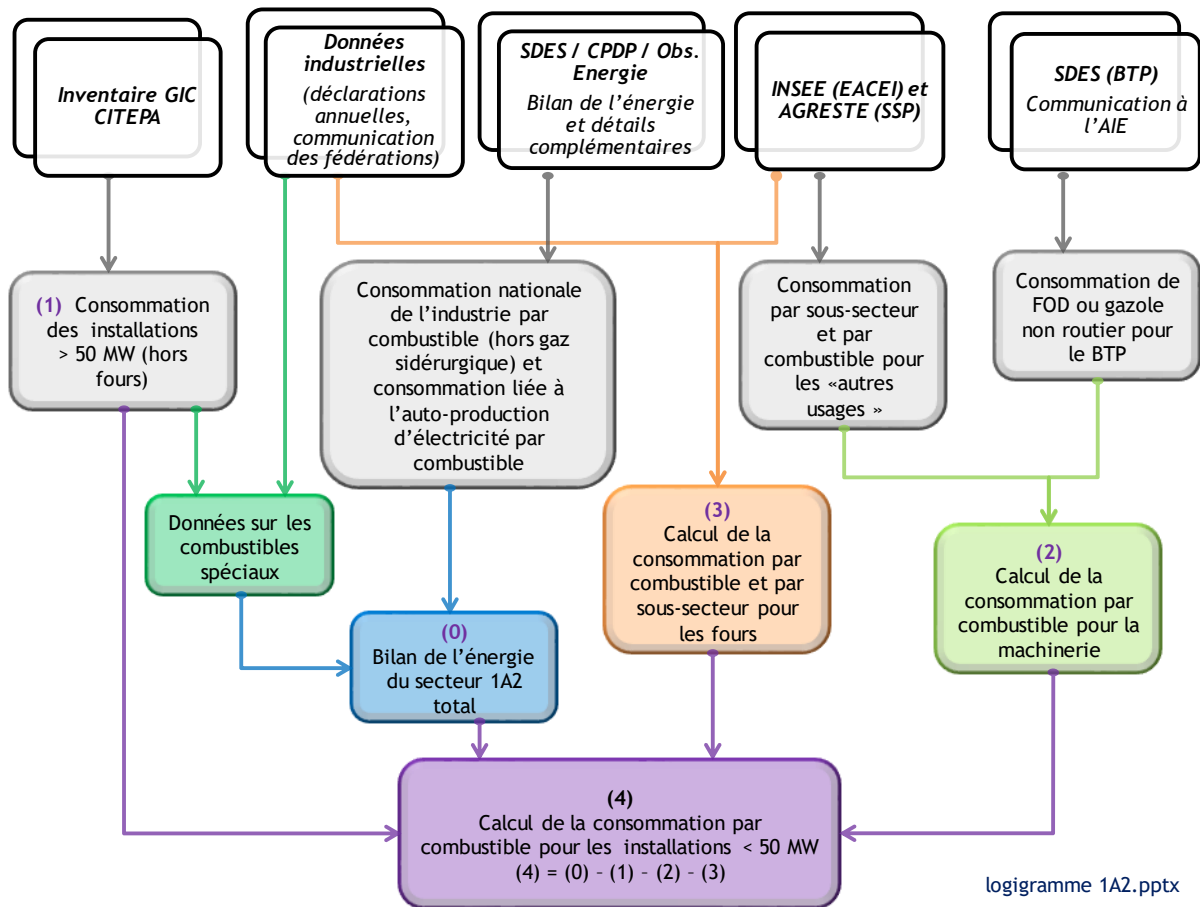
Pour des raisons de confidentialité statistique, l'EACEI ne couvre pas l'industrie du tabac qui se retrouve de facto répartie sur l'ensemble des secteurs et pas nécessairement dans le secteur de l'industrie agro-alimentaire.

Le logigramme ci-après décrit les différentes phases de traitement de l'information qui aboutissent :

- d'une part, à déterminer les consommations de combustibles fossiles, de biomasse et de déchets valorisés dans des installations de combustion hors incinération pour les différents secteurs de l'industrie,

<sup>8</sup> y compris Imprimerie.

- d'autre part, à déterminer les consommations des mêmes combustibles pour les catégories SNAP relatives à la combustion sous chaudières (SNAP 0301XX), dans des fours sans contact (SNAP 0302xx) et avec contact<sup>9</sup> (SNAP 0303xx) qui servent de données d'activité.



Des ajustements sont introduits pour boucler, in fine, avec le bilan énergétique national. Ces ajustements qui sont généralement limités et quantitativement faibles s'expliquent par les différences structurelles des diverses sources d'information, la prise en compte de données spécifiques à certaines installations, etc.

Les émissions sont calculées à partir des consommations d'énergie et des facteurs d'émission éventuellement spécifiques à certaines catégories d'installation, voire par installation lorsque les données sont disponibles (notamment les GIC).

Les consommations d'énergie relatives à tous ces sous-ensembles représentent une grande quantité de données gérée par des bases de données qui ne peut être fournie ici.

Les équipements tels que les turbines à gaz, les moteurs fixes et les autres équipements thermiques (fours exceptés) sont assimilés aux chaudières car les parcs de ces équipements ne sont pas connus avec assez de précision. Les engins mobiles font l'objet d'une estimation distincte associée à des facteurs d'émission spécifiques (cf. section 1A2\_mobile sources).

<sup>9</sup> se dit des installations où les produits de la combustion entrent en contact avec d'autres produits tels que des matières premières dans certains fours.

La détermination des émissions des installations visées est effectuée au moyen de plusieurs approches potentielles :

- La mesure directe des émissions en continu au moyen de chaînes de mesurage automatiques. Ces dispositifs sont imposés par la réglementation pour certaines substances aux installations dont les rejets dépassent certains seuils, ou présentent un caractère de dangerosité ou de toxicité. En deçà de ces seuils, la mesure peut être périodique.
- L'estimation des rejets est également effectuée au moyen de bilans matières pour certaines installations et certaines substances (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, métaux lourds, etc.) sous certaines conditions de représentativité.
- La modélisation des émissions est également envisageable mais relativement peu pratiquée car complexe et onéreuse à mettre en œuvre.
- Le recours à des facteurs d'émission est très fréquent notamment pour les substances non visées par les approches précédentes, mais aussi comme indicateur représentant in fine la quantité rejetée au cours d'une période donnée par rapport à une unité d'activité.

Les données disponibles que constituent les déclarations des exploitants aux DREAL [19] comportent de nombreuses indications qui sont basées sur les approches citées ci-dessus. Ces informations sont exploitées au niveau de chaque installation pour les plus importantes, notamment pour réaliser certains inventaires (cf. inventaire GIC). Ce processus permet une prise en compte des spécificités de chaque installation le cas échéant (par exemple, tenir compte de la teneur en soufre du combustible spécifiquement consommé par l'installation). A défaut d'être disponible, l'information recherchée est remplacée, soit par un bilan matière, soit par l'utilisation d'un facteur d'émission moyen qui peut toutefois rester spécifique d'un type d'équipement, d'une taille d'installation, etc.

Ces facteurs d'émission sont développés dans les sous-sections suivantes propres aux différentes catégories de polluants.

Les secteurs présentant des spécificités sont développés dans des sections particulières ci-après (sidérurgie, métaux non ferreux, etc. - catégories NFR 1A2a, 1A2b, 1A2c, 1A2f et 1A2g) tandis que pour les autres secteurs ne comportant que des installations de combustion relativement classiques et homogènes (catégories NFR 1A2d et 1A2e), les éléments généraux développés dans la présente section et ses sous-sections sont directement applicables.

### **Méthodes d'estimation pour les sources fixes**

#### ***Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et poussières totales en suspension (TSP)***

Concernant les chaudières, on dispose chaque année de données spécifiques pour un certain nombre d'installations de puissance supérieure à 50 MW [19, 39]. Ces valeurs spécifiques permettent de déterminer une valeur moyenne par défaut basée sur plusieurs années d'observation. Pour les installations de moins de 50 MW, des facteurs d'émission par défaut sont employés (cf. section générale énergie).

Concernant les fours, les émissions sont déterminées le plus souvent à partir des déclarations annuelles disponibles [19]. Dans les autres cas, les émissions sont déterminées à partir de méthodes intermédiaires et de facteurs d'émission propres à chaque secteur de l'industrie (cf. sections 1A2a à 1A2g).

Pour les NO<sub>x</sub> et TSP, un cas particulier reste néanmoins à souligner pour la combustion du bois dans des installations inférieures à 50 MW. Pour les NO<sub>x</sub>, une analyse spécifique des déclarations pour les installations d'une puissance comprise entre 20 et 50 MW, ainsi qu'une étude sur les niveaux d'émission des installations inférieures à 20 MW [1212], permettent de déterminer des facteurs d'émission spécifiques. Pour les TSP, la prise en compte d'installations, entre 1 et 20 MW, faisant

partie du Fond Chaleur de l'ADEME, conduit à une baisse des facteurs d'émission à partir de 2010 [1004].

Pour les TSP, pour les installations de puissance supérieure à 50 MW (SNAP 030101/030102), les émissions de TSP proviennent des déclarations des exploitants, il est donc difficile de savoir si la partie condensable est prise en compte ou non. Lorsque des mesures sont effectuées, il est cependant supposé que seule la partie filtrable des particules est mesurée. Pour les installations de puissance inférieure à 50 MW, les facteurs d'émission utilisés proviennent d'EMEP pour les combustibles autres que la biomasse et ne semblent pas considérer la partie condensable, alors que pour la biomasse, aucune précision n'est donnée dans la référence utilisée (cf. section générale énergie).

### ***Emissions de COVNM et CO***

Les émissions de COVNM et CO sont estimées au moyen de facteurs d'émission différents selon les catégories de puissance des installations. Ces FE proviennent du guide EMEP/EEA pour les installations supérieures à 50 MW [939] et celles inférieures à 50 MW [940], et d'une étude nationale spécifique pour les NAPFUE 111, 116 et 117 [67].

Pour les COVNM liés à la combustion de bois, une distinction spécifique est faite pour considérer les installations faisant partie du Fond Chaleur de l'ADEME, avec des niveaux d'émission plus faibles, à partir de 2010 [1004].

### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible pour les installations inférieures à 50 MW (cf. section générale énergie).

### ***Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>***

L'hypothèse est faite que toutes les installations de puissance supérieure à 50 MW sont équipées à 40% d'électrofiltres, à 40% de filtres à manches et à 20% de laveurs. Pour celles de puissance inférieure à 50 MW, il est supposé qu'elles sont équipées à 50% de cyclones, à 10% d'électrofiltres, à 10% de filtres à manches et à 5% de laveurs, les 25% restantes n'étant pas du tout équipées. La granulométrie est alors obtenue en appliquant ces distributions aux profils granulométriques présentés dans la section générale énergie. Dans le cas du gaz naturel, les facteurs d'émission de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> proviennent du guide EMEP / EEA [414] : le facteur d'émission utilisé est le même que pour les particules totales.

### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient de la référence [17]. Les ratios retenus pour les chaudières dépendent de la puissance de l'équipement :

Chaudières > 50 MW :

- 2,2% pour les combustibles minéraux solides (hors bois et déchets industriels),
- 6,4% pour les déchets industriels,
- 3,3% pour le bois,
- 5,6% pour les combustibles liquides hors fioul domestique et gazole,
- 33,5% pour le fioul domestique et le gazole,
- 2,5% pour les combustibles gazeux.

Chaudières < 50 MW :

- 6,4% pour les combustibles solides (hors bois),
- 28% pour le bois,
- 56% pour les combustibles liquides,
- 4% pour les combustibles gazeux.

Concernant les fours, se reporter aux sections 1A2a à 1A2g.

### ***Métaux lourds (ML)***

Les émissions de métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années sauf dans le cas du plomb dans l'essence. Ces facteurs d'émission par combustible sont disponibles dans la section générale énergie.

### ***Dioxines et furanes (PCDD-F)***

Les émissions de dioxines/furanes sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années.

Les facteurs d'émission utilisés sont ceux décrits dans la section générale énergie.

### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Les émissions pour chacun des 8 HAP sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années.

Les facteurs d'émission utilisés sont ceux décrits dans la section générale énergie ou dans les références [67] et [968] pour le bois.

### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Les émissions de PCB sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Les émissions de HCB sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

### **Méthodes d'estimation pour les sources mobiles**

Il est fait l'hypothèse que les engins spéciaux dans l'industrie ne consomment que du fioul domestique (FOD) et du gaz de pétrole liquéfié (GPL). A partir de 2011, il ne s'agit plus de FOD mais de gazole non routier (GNR). Cependant, les consommations énergétiques n'étant pas connues spécifiquement dans les statistiques, des hypothèses sont formulées, à savoir qu'une part des "autres usages" des consommations d'énergie dans l'industrie [26] est affectée à ce type d'engins.

Par ailleurs, l'enquête EACEI [26] ne prend pas en compte le secteur du BTP (Bâtiments et Travaux Publics). Il est fait l'hypothèse que les engins de ce secteur ne consomment que du FOD jusqu'en mai 2011 et uniquement du GNR par la suite. Les données de consommations proviennent du bilan de l'énergie produit par le SDES [1].

Les caractéristiques des combustibles prises en compte sont les caractéristiques moyennes par défaut (cf. section générale énergie). Les consommations d'énergie pour l'ensemble du secteur de l'industrie manufacturière sont indiquées en annexe 4.

Les émissions sont calculées à partir des consommations d'énergie estimées et des facteurs d'émission retenus pour chaque sous-ensemble « équipement x combustible » qui tiennent compte des avancées technologiques au travers des réglementations en vigueur. Une activité globale pour chaque combustible et des facteurs d'émission pondérés sont recalculés.

### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission calculés pour le FOD, le GNR et le GPL à partir des teneurs en soufre réglementaires et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles (cf. section générale énergie).

**Emissions de NO<sub>x</sub>, COVNM et CO**

Le calcul des émissions fait intervenir de multiples hypothèses sur la nature des équipements et leur utilisation. Les facteurs d'émission sont établis sur la base de plusieurs références [71, 141, 1029] et varient selon le combustible et les années, en fonction de l'évolution des réglementations et de la mixité du parc. Enfin, une méthode d'ajustement des facteurs d'émission, en prenant en compte un facteur de détérioration selon le Stage et l'âge des machines, est appliquée aux facteurs d'émission moyens des engins diesel, selon le guide EMEP/EEA 2016 [1031].

Pour information les facteurs d'émission correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins diesels sont présentés ci-après :

**Tableau 52 : Facteurs d'émission pour les NO<sub>x</sub> par gamme et par norme d'engin**

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Compacteuses à plaque vibrante, bétonnières	988	988	988	988	988	988	541
Chargeuses compactes	891	891	727	574	574	574	360
Trancheuses	891	891	727	574	574	574	360
Rouleaux	1 053	842	641	363	363	363	363
Pelles mécaniques, finisseurs	1 053	842	641	363	302	37	37
Bulldozers, chargeuses, tractopelles	1 242	859	560	320	308	37	37
Niveleuses	1 067	876	571	327	190	38	38

**Tableau 53 : Facteurs d'émission pour les COVNM par gamme et par norme d'engin**

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Compacteuses à plaque vibrante, bétonnières	220	220	220	220	220	220	121
Chargeuses compactes	164	164	136	108	108	108	67
Trancheuses	164	164	136	108	108	108	67
Rouleaux	137	119	119	67	67	67	67
Pelles mécaniques, finisseurs	137	119	119	67	17	17	17
Bulldozers, chargeuses, tractopelles	140	121	93	53	18	18	18
Niveleuses	143	124	95	54	18	18	18

Tableau 54 : Facteurs d'émission pour les CO par gamme et par norme d'engin

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Compacteuses à plaque vibrante, bétonnières	705	705	705	705	705	705	705
Chargeuses compactes	636	636	500	500	500	500	454
Trancheuses	636	636	500	500	500	500	454
Rouleaux	595	595	458	458	458	458	458
Pelles mécaniques, finisseurs	595	595	458	458	458	458	458
Bulldozers, chargeuses, tractopelles	560	467	467	467	467	467	467
Niveleuses	476	476	333	333	333	333	333

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> des sources mobiles sont estimées à partir des facteurs d'émission proposés dans le guide EMEP / EEA [935].

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

## a/ Combustion de carburants

Le calcul des émissions fait intervenir de multiples hypothèses sur la nature des équipements et leur utilisation. Les facteurs d'émission sont établis sur la base de plusieurs références [935 pour GPL, 141 et 1029 pour FOD et GNR] et varient selon le combustible et les années, en fonction de l'évolution des réglementations et de la mixité du parc. Etant donné que les FE évoluent sur la base des FE provenant du guide EMEP/EEA, la partie condensable des émissions de particules est incluse dans les estimations. Enfin, une méthode d'ajustement des facteurs d'émission, en prenant en compte un facteur de détérioration selon le Stage et l'âge des machines, est appliquée aux facteurs d'émission moyens des engins diesel, selon le guide EMEP/EEA 2016 [1031].

Pour information les facteurs d'émission correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins diesels sont présentés ci-après :

Tableau 55 : Facteurs d'émission pour les TSP par gamme et par norme d'engin

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Compacteuses à plaque vibrante, bétonnières	141	141	141	141	141	141	35
Chargeuses compactes	127	127	55	55	55	55	1
Trancheuses	127	127	55	55	55	55	1
Rouleaux	110	78	37	37	2	2	1
Pelles mécaniques, finisseurs	137	78	37	37	2	2	1
Bulldozers, chargeuses, tractopelles	140	65	28	28	2	2	1
Niveleuses	143	51	19	19	2	2	1



**b/ Abrasion mécanique**

Les émissions de particules totales relatives à l'abrasion (usure des pneus, des freins, des embrayages et du revêtement routier) sont déterminées par rapport à une distance parcourue par les engins. Ces facteurs ont été déterminés par assimilation avec le transport routier.

**Emissions de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{1,0}$** **a/ Combustion de carburants**

Les facteurs d'émission  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  et  $PM_{1,0}$  sont estimés à partir de données du CEPMEIP [49] et du guide EMEP / EEA [935]. Les particules de diamètre inférieur à 2,5  $\mu\text{m}$  sont supposées être également en totalité inférieures à 1,0  $\mu\text{m}$  de diamètre.

**b/ Abrasion mécanique**

Les facteurs d'émission sont déterminés par assimilation avec le transport routier.

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ .

**a/ Combustion de carburants**

Les ratios retenus sont différents selon les combustibles considérés :

- Diesel [938] : évolution annuelle selon l'évolution du parc des engins (cf. base de données),
- GPL [935] : 4,9%.

**b/ Abrasion mécanique**

Le ratio retenu varie entre 11,1 et 11,3% par assimilation avec le transport routier.

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible et supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines/furannes sont déterminées au moyen de facteurs d'émission provenant d'une étude de l'UNEP [748].

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Pour les sources mobiles, les facteurs d'émission appliqués sont égaux à ceux du transport routier, et proviennent du guide EMEP/EEA [1134] (cf. section Transport routier). Pour les carburants d'origine biomasse, les mêmes facteurs d'émission que les composantes fossiles sont utilisés en teneur massique (i.e., en mg/t), mais sont recalculés en teneur énergétique (i.e., en mg/GJ) en appliquant les PCI spécifiques aux biocarburants.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de PCB n'est attendue.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de HCB n'est attendue.

**3.3.2.1. Métallurgie des métaux ferreux (fonte grise et acier) (NFR 1A2a)****3.3.2.1 Stationary combustion in manufacturing industries and construction: iron and steel**

- **Sidérurgie (iron and steel production)**

- **Agglomération de minerai**

Les émissions liées à l'agglomération de minerai (partie énergétique) sont calculées sur la base des déclarations annuelles des émissions des sites à partir de 2004 [19], d'une part, et de la production nationale d'agglomérés [27] et de facteurs d'émission moyens appliqués sur les années antérieures, d'autre part. Les consommations de combustibles [27], les contenus en carbone [27] et des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie) sont également utilisés pour estimer les émissions de certaines substances.

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

En ce qui concerne les réchauffeurs de haut-fourneau, les émissions sont calculées à partir du bilan énergétique fourni par la fédération professionnelle [27] et de facteurs d'émission moyens calculés à partir de données disponibles dans les déclarations annuelles des émissions [19]. Les consommations de combustibles [27], les contenus en carbone [27] et des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie) sont également utilisés pour estimer les émissions de certaines substances.

➤ *Autres ateliers*

Pour les autres ateliers, les émissions sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces combustibles (cf. section générale énergie).

Il convient de noter que la distinction entre les émissions liées à la combustion (1A2a) et les émissions liées au procédé (2C1) est réalisée en fonction de l'atelier sidérurgique.

La fédération professionnelle fournit un bilan des consommations et productions « Energies et matières » par atelier [27] jusqu'en 2013.

Par exemple, l'atelier de production de fonte (au sein du haut-fourneau) utilise du coke et des charbons comme agents réducteurs (matières premières → émissions liées au procédé) et des combustibles liquides et gazeux pour réchauffer l'air injecté à la base du haut-fourneau qui provoque la combustion des matières premières. Des gaz de haut-fourneau issus de la transformation des matières premières sont produits et sont en partie réutilisés comme combustibles (apport énergétique) au sein du site intégré. Les émissions associées sont donc comptabilisées en combustion. Les émissions des gaz de haut-fourneau non valorisés et issues de la transformation des matières premières sont comptabilisées en procédé. La distinction des émissions entre la combustion et le procédé est réalisée de différentes façons selon la nature des intrants, selon les substances considérées (cf. sections dédiées aux émissions par polluant) sur la base des lignes directrices pour la réalisation des inventaires des émissions. A partir de 2014, les données fournies par la fédération professionnelle [27] ne sont plus disponibles. Afin d'estimer les consommations de combustible pour chaque type de production (pour les ateliers : agglomération, hauts-fourneaux, autres ateliers), une estimation de la consommation totale de combustibles par atelier est réalisée à partir de la production (par type d'atelier) et d'un ratio moyen entre la consommation totale et la production, basé sur les années connues. Une répartition moyenne des consommations par type de combustible, basée sur les années connues, est appliquée à la consommation totale afin d'obtenir les consommations par combustible.

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

➤ *Agglomération de minerai*

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont connues annuellement, site par site, depuis 1994 [19]. Le facteur d'émission moyen est recalculé à l'aide de la production nationale d'agglomérés [27].

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

A partir de 2004, les émissions déclarées [19] sont utilisées. Pour les années antérieures, un facteur d'émission moyen a été calculé sur la base des données disponibles [27]. Lorsque les déclarations comprennent les émissions des réchauffeurs (combustion), et de la coulée et du chargement (procédé), une étude menée par la profession [27] est utilisée pour calculer un facteur d'émission dédié à la partie combustion.

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de SO<sub>2</sub> pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

➤ *Agglomération de minerai*

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont connues annuellement, site par site, depuis 1994 [19]. Le facteur d'émission moyen est recalculé à l'aide de la production nationale d'agglomérés [27].

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

A partir de 2004, les émissions déclarées [19] sont utilisées. Pour les années antérieures, un facteur d'émission moyen a été calculé sur la base des données disponibles [27]. Lorsque les déclarations comprennent les émissions des réchauffeurs (combustion), et de la coulée et du chargement (procédé), une étude menée par la profession [27] est utilisée pour calculer un facteur d'émission dédié à la partie combustion.

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de NO<sub>x</sub> pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Emissions de COVNM**

➤ *Agglomération de minerai*

Avant 2004, les données disponibles sont partielles, et un facteur d'émission moyen est retenu sur la base des données des années 2004 à 2007, déclarées par les exploitants [19]. A partir de 2004, les émissions déclarées par les exploitants sont utilisées [19]. Le facteur d'émission moyen par tonne d'agglomérés est recalculé à l'aide de la production nationale d'agglomérés.

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

Les émissions de COVNM pour cet atelier sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles liquides et gazeux employés [27] et des facteurs d'émission communs relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie). Les émissions sont ensuite ramenées à la production de fonte brute pour obtenir des facteurs d'émission par tonne de fonte brute.

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de COVNM pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Emissions de CO**

Concernant les émissions de CO, la distinction entre les émissions liées à la combustion et les émissions liées au procédé est réalisée grâce à un bilan matière sur le carbone au sein de l'atelier concerné. Par exemple, l'atelier de production de fonte (dans le haut-fourneau) produit des gaz de haut fourneau issus de la transformation des matières premières introduites dans le haut fourneau. Des combustibles liquides et gazeux sont utilisés pour réchauffer l'air injecté à la base du haut-fourneau qui provoque la combustion des matières premières. La fédération professionnelle du secteur fournit la quantité de carbone entrant dans le haut-fourneau, en ne tenant compte que des

matières premières utilisées comme réducteurs (charbon et coke), ainsi que la quantité de carbone sortant, qui est contenu dans le produit (fonte) et dans les gaz d'échappement (gaz de haut-fourneau). Ces gaz sont soit captés et valorisés (réutilisés comme combustibles pour réchauffer l'air du haut-fourneau), soit captés mais non valorisés (torches), soit non captés. Les émissions liées au procédé sont basées sur la quantité de carbone présente dans les gaz torchés et dans les gaz non captés (et sont attribuées au chargement et à la coulée du haut fourneau). Les quantités de gaz de haut fourneau valorisés, ainsi que les combustibles liquides et gazeux utilisés comme combustibles (ex. : gaz de four à coke ou gaz d'aciérie, gaz naturel) sont affectés de facteurs nationaux (cf. section générale énergie) pour déterminer les émissions liées à la combustion.

➤ *Agglomération de minerai*

Cet atelier est très émetteur de CO. Avant 2010, un facteur d'émission moyen, calculé sur la base des données partielles disponibles [19], est appliqué. A partir de 2010 les émissions des sites sont suffisamment détaillées pour être utilisées [19][27] et pouvoir calculer un facteur d'émission par année.

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

Les émissions de CO pour cet atelier sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission communs relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie). Les émissions sont ensuite ramenées à la production de fonte brute pour obtenir des facteurs d'émission par tonne de fonte brute.

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de CO pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Pas d'émission attendue.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

➤ *Agglomération de minerai*

Le facteur d'émission des TSP des années 1990 à 1994 provient de données du LECES [162]. Il n'y a pas d'information sur l'inclusion ou non des condensables dans le facteur d'émission renseigné. Depuis 2003, les données disponibles dans les déclarations annuelles des rejets par site [19] sont utilisées. Entre ces deux périodes, le facteur d'émission est interpolé. L'une des normes de mesure utilisée dans ces déclarations est la Norme NF EN 13284-1, avec piégeage sur filtre de quartz et pesée en laboratoire. La fraction de condensables n'est pas considérée, seule la fraction filtrable l'est.

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

La totalité des émissions de TSP est affectée au procédé (cf. section « 2C1 - iron steel ») car la majorité des émissions provient des matières premières solides (coke et charbons).

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de TSP pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

➤ *Agglomération de minerai*

La granulométrie provient d'une campagne de mesures menée par la fédération professionnelle [27].

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

La totalité des émissions de PM est affectée au procédé (cf. section « 2C1 - iron steel ») car la majorité des émissions provient des matières premières solides (coke et charbons).

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de PM pour ces ateliers sont calculées sur la base de la granulométrie commune aux combustibles utilisés (cf. section générale énergie).

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

➤ *Agglomération de minerai*

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient d'une estimation et vaut 5%.

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

Pas d'émission attendue dans cette section (affectées au procédé).

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub> par type de combustible. Ces ratios proviennent du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [756], [761], [768].

**Métaux lourds (ML)**

➤ *Agglomération de minerai*

Les facteurs d'émission pour As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg et Zn sont basés sur les données transmises par les exploitants [50] ainsi que les déclarations annuelles de rejets [19] depuis 2006. Le facteur d'émission pour l'année 1990 provient de l'étude BOUSCAREN [70], hors Hg, qui provient de données internes transmises par la profession pour l'année 2004 [50] et appliquée de 1990 à 2005. Les valeurs des facteurs d'émission sont interpolées pour les années intermédiaires. Le facteur d'émission du Se provient de données internes transmises par la profession pour l'année 2004 [50] et appliqué sur toute la série temporelle.

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

La totalité des émissions de métaux lourds est affectée au procédé (cf. section « 2C1 - iron steel ») car la majorité des émissions provient des matières premières solides (coke et charbons).

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de métaux lourds pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie). Pour la consommation de gaz sidérurgiques, pour lesquels il n'existe pas de facteurs d'émission nationaux de métaux lourds, ni de valeurs par défaut spécifiques aux gaz sidérurgiques dans le guide EMEP/EEA 2019, les facteurs d'émissions des métaux lourds pour le gaz naturel sont appliqués aux gaz sidérurgiques (gaz de cokerie, gaz de haut-fourneau, gaz d'aciérie).

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

➤ *Agglomération de minerai*

Les émissions de dioxines et furannes sont produites significativement par les chaînes d'agglomération de minerai. Pour les années antérieures à 1998, des données du ministère chargé de l'environnement sont utilisées [10]. Depuis 1998, les données disponibles par site sont utilisées [19][50].

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

Pas d'émission notable attendue.

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de PCDD-F pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

➤ *Agglomération de minerai*

En 2011 et 2012, des facteurs d'émission moyens de HAP sont issus des données obtenues auprès des sites et compilées par la fédération professionnelle [27]. En 2012 un des sites a été arrêté. Pour les années 2010 et antérieures, le facteur d'émission de 2011 est utilisé (situation antérieure à la fermeture). A partir de 2012, le facteur d'émission établi pour cette année-là est reporté (situation postérieure à la fermeture).

➤ *Réchauffeurs de hauts-fourneaux*

Les émissions sont regroupées avec les autres émissions des hauts-fourneaux présentées dans la section « 2C1 - iron steel ».

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de HAP pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Polychlorobiphényles (PCB)**

➤ *Agglomération de minerai*

Les émissions de PCB sont calculées à partir de la production d'agglomérés et d'un facteur d'émission provenant de la littérature [357].

➤ *Réchauffeurs de hauts fourneaux*

Pas d'émission notable attendue.

➤ *Autres ateliers*

Les émissions de PCB pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Pas d'émission notable attendue.

• **Production de fonte grise (*grey iron production*)**

Dans les fours à cubilot, le coke de houille contenant du soufre, sa combustion entraîne des émissions de SO<sub>2</sub>. Les polluants associés à la combustion sont également émis : NO<sub>x</sub>, COVNM, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, etc.

Les autres types de fours (fours à arc électriques, à induction ou rotatifs) ne présentent pas d'émission relative à la plupart des substances considérées dans l'inventaire contrairement aux fours à cubilot cités précédemment.

Les particules sont considérées émises plutôt lors du moulage que lors de la combustion.

Les émissions sont calculées à partir de la production nationale de fonte ([622] de 1960 à 1980, [957] à partir de 1981) et de facteurs d'émission. Pour les gaz à effet de serre, la consommation de combustibles pour la production de fonte et des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles sont utilisés. Les consommations nationales de combustibles sont issues de statistiques nationales sectorielles [26] jusqu'en 2010. A partir de 2011, par manque de données, une consommation totale de combustibles est estimée à partir du ratio d'énergie consommée par tonne de fonte produite pour l'année 2010 et de la production nationale de fonte [957]. Les consommations par type de combustible

sont estimées à partir de la consommation totale et de la répartition moyenne (moyenne réalisée sur les années 2006 à 2010) des consommations par type de combustible, appliquée à la consommation totale annuelle.

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Pour le SO<sub>2</sub> émis par les fours à cubilots, le facteur d'émission est déterminé à partir de la formule du BREF fonderies [584], qui fait intervenir la teneur en soufre du coke, qui est variable d'une année à l'autre [52].

Les autres types de four (fours à arc, à induction ou rotatifs) n'émettent pas de SO<sub>2</sub> de façon significative. Par conséquent, le facteur d'émission de SO<sub>2</sub> est calculé en considérant un pourcentage de fours à cubilots de 61% [253].

### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Le facteur d'émission moyen retenu pour les NO<sub>x</sub> provient de la littérature [583].

### **Emissions de COVNM**

Le facteur d'émission moyen retenu pour les COVNM provient de la littérature [583].

### **Emissions de CO**

Le facteur d'émission moyen retenu pour le CO provient de la littérature [254].

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables lors de la production de fonte grise.

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Le facteur d'émission des poussières totales est issu de l'OFEFP [68]. Ce facteur d'émission dépend du type de four utilisé. La moyenne entre le facteur d'émission du four à cubilot et du four électrique est retenue.

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Pour les PM<sub>10</sub>, la même méthodologie que pour les TSP est appliquée. Le facteur d'émission des PM<sub>10</sub> est issu de l'OFEFP [68]. Ce facteur d'émission dépend du type de four utilisé. La moyenne entre le facteur d'émission du four à cubilot et du four électrique est retenue.

Pour les PM<sub>2,5</sub>, la granulométrie est la même que pour les PM<sub>10</sub> [66].

Pour les PM<sub>1,0</sub>, la granulométrie est calculée à partir de données provenant de l'US EPA [66].

Sans précision sur les facteurs d'émission, il est supposé que les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1079]. La valeur retenue est assimilée à celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire.

### **Métaux lourds (ML)**

Dans cette section, les facteurs d'émission proviennent tous de l'étude réalisée par R. Bouscaren [70]. Les émissions de mercure et de sélénium sont considérées comme négligeables.

### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Dans cette section, seules des émissions de dioxines et furanes sont attendues. Le facteur d'émission provient de la littérature [70].

### 3.3.2.2. Métallurgie des métaux non ferreux (cuivre, magnésium, plomb et zinc, aluminium secondaire) (NFR 1A2b)

#### 3.3.2.2 *Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-ferrous metals*

- **Production de cuivre**

Les niveaux d'activité correspondent aux productions de cuivre de 1<sup>ère</sup> et de 2<sup>nde</sup> fusion en France ainsi qu'aux consommations de combustibles des sites qui produisent ce cuivre : ces données proviennent des communications avec les industriels [50] ainsi que des statistiques françaises [272] et mondiales de production [223].

Les émissions de certains polluants sont connues directement à partir des données communiquées par les industriels. Pour les autres polluants des facteurs d'émission rapportés à la production sont déterminés.

#### ***Emissions de SO<sub>2</sub> et NOx***

Les émissions de SO<sub>2</sub> et NOx retenues sont déterminées à partir :

- de contacts avec l'industrie [50] pour la production de cuivre de première fusion,
- de facteurs d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1086] pour la production de cuivre de seconde fusion.

#### ***Emissions de COVNM***

Les émissions de COVNM retenues sont déterminées à partir :

- de contacts avec l'industrie [50] pour la production de cuivre de première fusion,
- d'un facteur d'émission provenant d'une étude hollandaise [186] pour la production de cuivre de seconde fusion (car non estimé dans le Guidebook EMEP/EEA).

#### ***Emissions de CO***

Les émissions de CO retenues sont déterminées à partir :

- d'un facteur d'émission national par combustible (cf. section générale énergie),
- d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1086] pour la production de cuivre de seconde fusion.

#### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables lors de la production de cuivre.

#### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

La production de cuivre est émettrice de particules. Les facteurs d'émission utilisés pour la première et seconde fusion proviennent de la section Procédé du Guidebook EMEP/EEA 2019[1085] faute de données spécifiques dans la partie combustion.

#### ***Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>***

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission provenant de la section Procédé du Guidebook EMEP/EEA [1086] faute de données spécifiques dans la partie combustion.

Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les PM<sub>1,0</sub> est supposé identique à celui des PM<sub>2,5</sub>.

Ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).



**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ , ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1079]. La valeur retenue pour la production de cuivre primaire et secondaire est issue du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1085].

**Métaux lourds (ML)**

Pour la production de cuivre de première fusion, les facteurs d'émission proviennent d'une étude du Citepa [70] : les valeurs correspondent aux émissions de métaux lourds lors des opérations de raffinage thermique, fonte et production de blister. Les facteurs d'émission sont ensuite ramenés à la production de cuivre et varient donc d'une année à l'autre selon la part de la production de blister par rapport au cuivre.

Pour la production de cuivre de seconde fusion, les facteurs d'émission proviennent du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1085]. Faute de valeur disponibles dans la partie combustion pour ces substances, ce sont les valeurs disponibles dans la partie procédés qui sont utilisées pour l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le nickel et le plomb. Les émissions de zinc ne sont pas estimées dans le Guidebook EMEP/EEA, le facteur d'émission utilisé pour cette substance provient d'une étude du Citepa [70].

**Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Des émissions de dioxines et furanes sont considérées pour la production de seconde fusion. Le facteur d'émission provient d'une étude du Citepa [70].

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Des émissions de HCB sont considérées pour la production de cuivre. Les facteurs d'émission proviennent de l'EMEP MSC EAST [74].

- **Production de magnésium**

La production était connue via l'annuaire statistique mondial des minerais et métaux [223].

**Emissions de  $SO_2$  et  $NO_x$** 

Pour la première fusion, les facteurs d'émission de  $SO_2$  et  $NO_x$  sont calculés sur la base des déclarations annuelles [19] et de communications des industriels [222] ou, en cas d'indisponibilité de ces informations (années antérieures à 1992), sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site [26] et de facteurs d'émission moyens nationaux (cf. section générale énergie).

**Emissions de  $NH_3$** 

Les émissions de  $NH_3$  sont supposées négligeables.

**Emissions de CO**

Les émissions de CO de la production de magnésium ne sont pas estimées faute de données, de méthodes ou de facteurs d'émission pertinents pour ce secteur dans les lignes directrices EMEP/EEA 2019.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de particules pour la première fusion sont calculées sur la base d'un facteur d'émission moyen provenant de la littérature [587].

**Emissions de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{1,0}$** 

Il n'y a pas de facteurs d'émission ou de granulométrie disponibles dans la littérature. Cependant, des granulométries à partir des TSP sont disponibles pour d'autres procédés de la métallurgie (plomb et zinc notamment) [227]. La moyenne de ces granulométries est retenue pour la production de

magnésium. En l'absence de données exploitables, le facteur d'émission pour les  $PM_{1,0}$  est supposé identique à celui des  $PM_{2,5}$ .

### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ , ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Les émissions de combustion sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2019 (tables 3.1 à 3.5) [1081].

- **Production de plomb et zinc de première fusion**

Une partie des émissions provient de la combustion liée aux procédés et une autre partie provient plus spécifiquement du procédé (dégagement de métaux lourds par exemple).

Les données d'activité sont fournies par l'inspection des installations classées [19] :

- dans des publications annuelles entre 1990 et 2002
- par communication directe entre 2003 et 2007
- dans les déclarations annuelles depuis 2008

La détermination des rejets nécessite également de connaître des ratios des consommations énergétiques par rapport aux productions au moyen des enquêtes disponibles [26] et des données précédentes.

Les émissions sont calculées à partir de facteurs d'émission. Il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France depuis 2003.

### ***Emissions de $SO_2$***

Les émissions de  $SO_2$  sont connues au travers des déclarations annuelles [19]. Pour chaque métal, les émissions sont ramenées à la quantité produite. Pour le site produisant les deux métaux, la répartition des émissions de  $SO_2$  entre plomb et zinc de première fusion se fait au prorata des productions. Depuis la fermeture de ce site en 2003, il ne reste plus qu'un site producteur de zinc, dont les émissions de  $SO_2$  ne sont pas comptabilisées pour cette activité mais dans la section relative à la production d'acide sulfurique (B10).

Les facteurs d'émissions sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites concernés.

### ***Emissions de $NO_x$***

Les émissions de  $NO_x$  sont connues au travers des déclarations annuelles [19]. Pour chaque métal, les émissions sont ramenées à la quantité produite. Pour le site produisant les deux métaux, la répartition des émissions de  $NO_x$  entre plomb et zinc de première fusion se fait au prorata des productions. Depuis la fermeture de ce site en 2003, il n'y a plus de production de plomb de première fusion.

Les facteurs d'émission rapportés à la production sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites concernés.

### ***Emissions de COVNM***

Le facteur d'émission est obtenu à partir des facteurs d'émission des différents combustibles (cf. section générale énergie) et des consommations annuelles du secteur d'activité. Le facteur d'émission

ramené à la production est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites concernés et varie en fonction des années. Il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France depuis 2003.

### **Emissions de CO**

Le facteur d'émission est obtenu à partir des facteurs d'émission des différents combustibles (cf. section générale énergie) et des consommations annuelles du secteur d'activité. Le facteur d'émission ramené à la production est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites concernés et varie en fonction des années. Il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France depuis 2003.

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de TSP sont connues via la déclaration annuelle des sites producteurs [19].

#### Plomb de première fusion

Comme le site produisait à la fois du plomb et du zinc de première fusion, les émissions de TSP étaient réparties au prorata des productions. Le facteur d'émission était recalculé sur la base de la production de plomb, jusqu'à la cessation d'activité.

#### Zinc de première fusion

Comme l'un des sites produisait à la fois du plomb et du zinc de première fusion, les émissions de TSP étaient réparties au prorata des productions. Jusqu'en 2002, le facteur d'émission est recalculé sur la base de la production de zinc des deux sites producteurs. Depuis 2003, le facteur d'émission a fortement diminué suite à la fermeture d'un site et du fait des efforts de réduction des industriels.

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont déterminées sur la base d'une granulométrie provenant de la littérature [227]. Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les PM<sub>1,0</sub> est supposé identique à celui des PM<sub>2,5</sub>. Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>, ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2016 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

### **Métaux lourds (ML)**

Les productions de plomb et de zinc sont émettrices de certains métaux lourds décrits ci-dessous. Dans les deux cas, il n'y a pas de données disponibles sur les autres métaux qui sont sans doute émis au niveau de traces et donc en quantité considérée négligeable.

Les facteurs d'émission tirés de la littérature [70] sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites concernés. Ils tiennent compte, le cas échéant des différents procédés mis en œuvre. Les facteurs d'émission moyens peuvent donc pour certains métaux évoluer au cours des années.

#### Plomb de première fusion

La production de plomb de première fusion émet six des métaux lourds référencés dans le SNIÉBA : l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le mercure, le plomb et le zinc. Les émissions de ces substances sont

estimées sur la base de facteurs d'émission moyens issus de la littérature [70] et appliqués à toutes les années.

Il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France depuis 2003.

#### Zinc de première fusion

La production de zinc de première fusion émet du cadmium, du mercure, du plomb et du zinc. Du fait des procédés différents utilisés sur les deux sites français (hydro-métallurgie et raffinage thermolytique), des facteurs d'émission moyens pondérés sont recalculés pour ces substances sur la base de la production respective de chacun des procédés et des facteurs d'émission spécifiques associés. Depuis 2003, la production de zinc de première fusion se fait uniquement par hydrométallurgie. Les facteurs d'émission sont issus de la littérature [70] et appliqués à toutes les années.

#### ***Dioxines et furanes (PCDD-F)***

Les productions de plomb et de zinc de première fusion émettent des dioxines et furanes. Les émissions éventuelles d'autres polluants organiques persistants ne sont pas comptabilisées faute de données disponibles. Les facteurs d'émission sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites concernés.

#### Plomb de première fusion

Les émissions sont estimées sur la base d'un facteur d'émission moyen tiré de la littérature [70] et appliqué à toutes les années.

#### Zinc de première fusion

Jusqu'en 2003, du fait des procédés différents utilisés (hydro-métallurgie et raffinage thermolytique), un facteur d'émission moyen pondéré est recalculé sur la base de la production respective de chacun des procédés et des facteurs d'émission spécifiques associés. Depuis 2003, la production de zinc de première fusion se fait uniquement par hydrométallurgie. Les facteurs d'émission sont tirés de la littérature [70].

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Les émissions de HAP sont considérées négligeables.

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

##### Plomb de première fusion

Les émissions de PCB sont estimées à partir d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1078].

##### Zinc de première fusion

Les émissions de PCB sont estimées à partir d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1080].

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Les émissions de HCB sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2019 (tables 3.1 à 3.5) [1081].

- Production de plomb et zinc de seconde fusion

Jusqu'en 2010, les consommations nationales de combustibles pour la production de plomb et zinc de seconde fusion étaient déterminées à partir des consommations d'énergie du secteur du plomb et du zinc [26], desquelles étaient déduites les consommations pour la production de plomb et zinc de première fusion (section 1A2b « production de plomb et zinc de première fusion »).

Depuis 2010, les consommations d'énergie du secteur du plomb et du zinc ne sont plus disponibles dans les statistiques. Les consommations des années suivantes sont recalculées à partir de la production nationale annuelle de plomb et zinc de seconde fusion, et du ratio énergétique de consommation de combustibles par rapport à la production pour l'année 2010, dernière année connue.

La production de plomb de seconde fusion est connue jusqu'en 2007 à partir des statistiques mondiales de minerais et minéraux [223]. Entre 2007 et 2013, la production de plomb est issue des déclarations annuelles [19]. Depuis 2014, pour cause de confidentialité, seule une valeur nationale est fournie par la fédération du secteur [712].

La production de zinc de seconde fusion est connue jusqu'en 2002, date de cessation de production hors déchets spéciaux, grâce aux bulletins mensuels de statistiques industrielles [53]. Un site de production à partir de rejets spéciaux a ouvert en 1993 et est toujours en activité : les données de productions sont communiquées par l'exploitant [714].

### ***Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et COVNM***

#### Plomb de seconde fusion

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles sont disponibles depuis 1995, notamment via les déclarations annuelles de polluants [19].

**De 1990 à 1995**, faute de données, le facteur d'émission moyen calculé à partir des émissions des années 1995 à 1997 [19], est appliqué à la production nationale.

**A partir de 1995**, les émissions déclarées pour certains sites, notamment via les déclarations annuelles de polluants [19], sont utilisées. Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission est déterminé chaque année à partir de la moyenne des émissions et productions connues des trois dernières années. Ce facteur d'émission est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Le schéma suivant synthétise la méthodologie mise en œuvre à partir de 1995.

#### Zinc de seconde fusion

Les émissions sont issues des déclarations annuelles [19] pour un site et pour le reste de la production elles sont déterminées à partir :

- d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA pour les NO<sub>x</sub> (table 3-17) [1081] ;
- d'un facteur d'émission provenant d'un document de la Commission Européenne [460] pour les COVNM, car non estimé dans le Guidebook EMEP/EEA 2019 ;
- des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie) pour le SO<sub>2</sub>. Le facteur d'émission ramené à la production varie selon le mix énergétique au cours de la période. Il est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites.

### ***Emissions de CO***

#### Plomb de seconde fusion

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles sont disponibles depuis 2003 via les déclarations annuelles de polluants [19].

De 1990 à 2002, faute de données disponibles, les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut [1081].

A partir de 2003, les émissions déclarées pour certains sites, notamment via les déclarations annuelles de polluants [19], sont utilisées. Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des facteurs d'émission par défaut [1081] et des consommations de combustibles, rapporté à la production.

Le schéma suivant synthétise la méthodologie mise en œuvre à partir de 2003.

#### Zinc de seconde fusion

Les émissions sont basées sur des facteurs d'émission par défaut provenant de la littérature et confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites.

#### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Pour le plomb de première fusion, les émissions de particules sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 1998. La valeur de cette dernière année est appliquée aux années antérieures.

Pour le zinc de seconde fusion, les émissions de particules sont calculées sur la base des déclarations annuelles de rejets [19] à partir de 2004. Avant 2004, les facteurs d'émission proviennent de combinaisons de plusieurs facteurs d'émission reportés ou issus de rapports de l'administration, en fonction des sites. Les facteurs d'émission du zinc de seconde fusion sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites.

#### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub> sont calculées à partir d'une granulométrie issue de la revue JAPCA [227]. Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>, ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

#### **Métaux lourds (ML)**

La production de plomb de seconde fusion émet plusieurs des métaux lourds inventoriés dans le SNIÉBA : arsenic, cadmium, plomb et zinc. La production de zinc de seconde fusion émet quant à elle de l'arsenic, du cadmium, du mercure, du plomb et du zinc.

#### Plomb de seconde fusion

Les émissions de plomb sont calculées sur la base d'une compilation des déclarations annuelles des sites [19] et sont utilisées pour déterminer un facteur d'émission basé sur la production nationale.

Concernant les émissions d'arsenic, de cadmium et de zinc, les déclarations annuelles de rejets [19] permettent un suivi et un calcul annuel des facteurs d'émission depuis 2004. Le facteur d'émission de l'année 1990 provient de la littérature [70] et le facteur d'émission des années intermédiaires est interpolé.

Zinc de seconde fusion

Les facteurs d'émission de l'arsenic, du cadmium, du mercure, du plomb et du zinc sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites. Ils proviennent de la littérature et des déclarations annuelles de rejets [19].

***Dioxines et furanes (PCDD-F)***

Pour le plomb de seconde fusion, les déclarations annuelles de rejets [19] permettent un suivi et un calcul annuel des facteurs d'émission depuis 2004. Le facteur d'émission de l'année 1990 provient de la littérature [70] et le facteur d'émission des années intermédiaires est interpolé.

Pour le zinc de seconde fusion, le facteur d'émission provient de la littérature et des déclarations annuelles. Il est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites.

***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Les émissions de HAP sont considérées négligeables.

***Polychlorobiphényles (PCB)***Plomb de seconde fusion

Les émissions de PCB sont estimées à partir d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1078].

Zinc de seconde fusion

Les émissions de PCB sont estimées à partir d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1080].

***Hexachlorobenzène (HCB)***

Les émissions de HCB sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2019 (tables 3.1 à 3.5) [1081].

- **Production d'aluminium de seconde fusion**

De 1999 à 2010, les données de consommation de combustibles proviennent des enquêtes EACEI [26]. Pour les années antérieures, de 1990 à 1998, les étapes et hypothèses suivantes sont suivies :

1. Estimation d'un ratio énergie/production (GJ combustible / t Al produit) sur la base des données de consommation d'énergie et de production des sites pour lesquels ces deux types de données sont disponibles (de 2003 à 2010) ;
2. Application du ratio calculé pour 2003 aux productions d'aluminium secondaire (t) pour les années 1990 à 1998, afin d'obtenir la consommation énergétique totale (en GJ) ;
3. Application de la répartition de la consommation totale entre les consommations des différents combustibles consommés en 1999 aux consommations totales de 1990 à 1998, afin d'obtenir les consommations par type de combustible.

A partir de 2011, les données de consommations ne sont plus disponibles. Par conséquent, la consommation globale annuelle est estimée en suivant les étapes 1 à 3 ci-dessus, à la différence près que le ratio utilisé à partir de 2011 est le ratio moyen des années 2003 à 2010. De plus, la répartition des consommations de combustibles de 2010 est appliquée pour les années à partir de 2011.

Les rejets atmosphériques proviennent essentiellement de la combustion de combustibles dans les fours de fusion. Les émissions sont déterminées à partir des données disponibles dans les déclarations annuelles des rejets des exploitants depuis 2003 [19]. Des facteurs d'émission issus des lignes

directrices du GIEC 2006 [623] et de la littérature sont utilisés pour les années antérieures ou pour pallier l'absence d'information pour certains sites [42, 68]. Les données sur la série temporelle sont cohérentes.

### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2003.

Pour les années antérieures, le facteur d'émission de l'année 1960 provient de la littérature [42] et les années intermédiaires sont interpolées. Les émissions des sites manquants sont déterminées en utilisant le facteur d'émission des sites connus si ceux-ci représentent plus de 60% de la production.

### ***Emissions de NO<sub>x</sub> et COVNM***

Les émissions de NO<sub>x</sub> et COVNM sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2003. Pour les années antérieures, les émissions sont déterminées en utilisant le facteur d'émission de 2003.

Les émissions des sites manquants sont déterminées en utilisant le facteur d'émission des sites connus si ceux-ci représentent plus de 60% de la production.

### ***Emissions de CO***

A partir de 2003, les émissions de CO sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] ou à partir d'un facteur d'émission provenant de la littérature pour les sites manquants [42]. Le facteur par défaut de la littérature [42] est appliqué aux années antérieures.

### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Les émissions de TSP sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2003.

Pour les années antérieures, le facteur d'émission de l'année 1990 provient de la littérature [68] et les années intermédiaires sont interpolées. Les émissions des sites manquants sont déterminées en utilisant le facteur d'émission des sites connus si ceux-ci représentent plus de 60% de la production.

La mise en place de système de dépoussiérage, tels que les filtres à manches et les électrofiltres, est de plus en plus fréquente.

### ***Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>***

Le facteur d'émission des PM<sub>10</sub> est tiré de la littérature pour l'année 1990 [68]. Le ratio PM<sub>10</sub>/TSP est ensuite appliqué au facteur d'émission des TSP pour les années suivantes.

Pour les PM<sub>2,5</sub>, la littérature [163] fournit un pourcentage PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>.

La part des PM<sub>1,0</sub> au sein des TSP est également tirée de la littérature [107].

Faute de précision, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).



**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ , ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

**Métaux lourds (ML)****A partir de 2003**

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2003, sauf pour le sélénium dont le facteur d'émission issu de la littérature [70] est appliqué pour toute la période. Les émissions des sites manquants sont déterminées en utilisant le facteur d'émission des sites connus si ceux-ci représentent plus de 60% de la production ou en utilisant un facteur d'émission de la littérature [70] pour l'arsenic et le cadmium.

**Avant 2003**

Pour l'arsenic et le cadmium, les facteurs d'émission sont issus de la littérature [70] et gardés constants car ils correspondent aux facteurs des déclarations.

Pour le chrome, le cuivre, le plomb et le zinc, le facteur d'émission est indexé sur l'évolution du facteur d'émission des poussières totales.

Le facteur d'émission du nickel provient de la littérature [70] pour l'année 1990 ; les années intermédiaires sont interpolées.

Pour le mercure, la valeur de 2002, calculée sur la base d'une moyenne des facteurs d'émission 2003-2011, est reportée. En effet, le mercure est, par nature, majoritairement présent sous forme gazeuse, et non particulaire comme la plupart des autres métaux lourds. Le facteur d'émission ne suit donc pas l'évolution des facteurs d'émission des poussières totales.

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines et furannes sont connues site par site depuis 1998 au travers des déclarations annuelles des rejets [19]. Avant 1998, les émissions sont calculées en reportant les facteurs d'émission calculés site par site en 1998. Un facteur d'émission global pour chaque année est recalculé en appliquant un facteur d'émission moyen au reste de la production (pour les sites qui ne déclarent aucune émission de PCDD-F). Ce facteur d'émission moyen est déterminé à partir de la moyenne sur deux années consécutives des facteurs d'émission connus, c'est-à-dire ceux calculés pour les sites qui déclarent leurs émissions et leurs productions.

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Il n'y a pas d'émission de HAP attendue lors de la seconde fusion de l'aluminium.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Il n'y a pas d'émission de PCB attendue lors de la seconde fusion de l'aluminium.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de procédés sont déterminées à partir d'un facteur d'émission issu de la littérature [74]. A partir de 1994, la profession utilise un produit de substitution qui n'émet plus de HCB. Le facteur d'émission est donc nul à compter de 1994.

Les émissions de combustion sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2019 (tables 3.1 à 3.5) [1081].

### 3.3.2.3. Industrie chimique (NFR 1A2c)

#### 3.3.2.3 Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Chemicals

Les émissions déterminées dans cette section sont celles n'étant pas couvertes par la section plus générique au début du chapitre 3.3.2, « Méthodes d'estimation pour les sources fixes », provenant de l'utilisation de combustibles pour alimenter les fours de vapocraquage et de production d'ammoniac.

- **Fours de vapocraquage :**

##### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont induites par la consommation des combustibles. Les émissions des vapocraqueurs sont le plus souvent déterminées par mesure directe et/ou à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leurs teneurs en soufre recensées chaque année et généralement suivies en continu ou avec une fréquence élevée [19]. Lorsqu'une valeur spécifique manque pour un paramètre donné, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.

##### ***Emissions de NO<sub>x</sub>***

Les émissions sont déterminées à partir d'une mesure ou au moyen de facteurs d'émission tirés de la littérature [22] ou de la section générale énergie.

##### ***Emissions de COVNM et CO***

Les émissions de COVNM et de CO sont déterminées à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

##### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

##### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>)***

Les émissions de poussières totales en suspension sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

Les émissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub> sont déterminées à l'aide de ratios granulométriques issus d'une combinaison de systèmes de dépoussiérage (cf. section générale énergie).

##### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient des références [756] et [768].

Les ratios retenus dépendent du type de combustible :

- 5,6% pour les combustibles liquides,
- 4% pour le gaz naturel.

##### ***Métaux lourds (ML)***

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

##### ***Dioxines et furanes (PCDD-F)***

Les émissions de dioxines et furanes sont déterminées à partir des consommations [19] et au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

##### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Les émissions de HAP sont déterminées à partir des consommations [19] et au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Il n'y a pas d'émission de PCB puisque les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible sont nuls (cf. section générale énergie).

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB sont supposées négligeables.

- **Fours d'ammoniac :**

**Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM et CO**

Les émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM et CO sont déterminées à partir des facteurs d'émission du gaz naturel de la section générale énergie.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> de la combustion de gaz naturel sont supposées négligeables.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>)**

Les émissions de poussières totales en suspension sont déterminées à partir du facteur d'émission relatif au gaz naturel (cf. section générale énergie).

Dans le cas du gaz naturel, les facteurs d'émission de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> proviennent du Guidebook EMEP / EEA [414] : le facteur d'émission utilisé est le même que pour les particules totales.

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient du guide EMEP / EEA [1232]. Le ratio retenu pour le gaz naturel est de 4%.

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs au gaz naturel, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

**Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines et furanes sont déterminées à partir du facteur d'émission relatif au gaz naturel (cf. section générale énergie).

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de HAP sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs au gaz naturel (cf. section générale énergie).

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB de la combustion de gaz naturel sont supposées négligeables.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB de la combustion de gaz naturel sont supposées négligeables.

**3.3.2.4. Industrie papetière (NFR 1A2d)**


---

**3.3.2.4 Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Pulp, Paper and Print**

Voir section générale de l'industrie manufacturière.

### 3.3.2.5. Agro-alimentaire (NFR 1A2e)

#### 3.3.2.5 *Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Food processing, beverages and tobacco*

Les émissions déterminées dans cette section sont celles n'étant pas couvertes par la section plus générique au début du chapitre 3.3.2, « Méthodes d'estimation pour les sources fixes », provenant de l'utilisation de combustibles pour alimenter les sécheurs utilisés dans le secteur de la déshydratation de fourrage vert.

##### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Lors de la combustion, les oxydes de soufre sont en partie fixés par les produits de fourrage vert et non émis à l'atmosphère, selon une étude de la profession [777].

La Coopération Agricole France déshydratation/LRD ont développé une méthode d'estimation des émissions de SO<sub>x</sub> faisant intervenir un facteur d'émission commun à tous les combustibles, affecté d'un facteur d'absorption (FA) spécifique au produit déshydraté [777].

Emissions SO<sub>2</sub> (t) = consommation combustible (GJ) x facteur d'émission nationaux SO<sub>2</sub> (g/GJ) x FA (%)

##### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Lors de la combustion, les oxydes d'azote sont en partie fixés par les produits de fourrage vert et non émis à l'atmosphère, selon une étude de la profession [777].

La Coopération Agricole France déshydratation/LRD ont développé une méthode d'estimation des émissions de NO<sub>x</sub> faisant intervenir un facteur d'émission commun à tous les combustibles, affecté d'un facteur d'absorption (FA) spécifique au produit déshydraté [777].

Emissions NO<sub>x</sub> (t) = consommation combustible (GJ) x facteur d'émission nationaux NO<sub>x</sub> (g/GJ) x FA (%)

##### **Emissions de COVNM**

Les composés organiques volatiles non méthaniques sont un cas particulier puisque, selon une étude de 2010 réalisée par le Citepa pour la profession, environ 90% des émissions atmosphériques proviennent des produits séchés (biogéniques) et seulement 10% de la combustion de combustibles [778]. De plus, les campagnes de mesure montrent que les facteurs d'émission sont équivalents d'un produit à l'autre [778].

Par ailleurs, à partir de 2008 [778], le secteur a mis en place la technique du préfanage à plat dans les champs qui permet de diminuer les émissions de COVNM. En outre, l'accroissement du taux de matière sèche due au préfanage à plat est susceptible de modifier les conditions de séchage, notamment la quantité de COVNM émis [778].

##### **Période avant 2008**

Avant 2008, la technique du préfanage à plat n'était pas mise en œuvre. L'étude réalisée en 2010 par le Citepa pour le compte de la Coopération Agricole /LRD [778] sur la base de résultats de mesures disponibles avant 2008 définit un facteur d'émission pour les COVNM qui ne tient pas compte de la technique de préfanage à plat.

## Période après 2012

Après 2012, la technique du préfanage à plat est généralisée sur l'ensemble des exploitations. L'étude réalisée en 2021 par le Citepa pour le compte de la Coopération Agricole France/LRD [777], sur la base des campagnes de mesures menées sur différentes installations de déshydratation de fourrage après 2012, définit un facteur d'émission pour les COVNM en tenant compte de la technique du préfanage à plat. Le facteur d'émission retenu pour les COVNM est égal à 0,5 kg/t.

## Période intermédiaire entre 2009-2011

Sur la période 2009-2011, une interpolation linéaire du facteur d'émission de COVNM est appliquée.

### **Emissions de CO**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CO sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

D'après l'étude faite par le Citepa pour la Coopération Agricole de France déshydratation/LRD [777], il est supposé que s'il existe, le niveau d'émission de NH<sub>3</sub> est faible, sauf pour la biomasse.

A partir de 2021, et sur l'ensemble de la période, les émissions de NH<sub>3</sub> sont estimées pour la biomasse en multipliant la consommation du combustible par le facteur d'émission par défaut issu du guide EMEP/EEA 2019 [1248].

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

D'après les données de la profession [780], le premier cyclone a été installé en 1985. De 1985 à 1997, seuls des cyclones étaient installés. D'après les données de la profession [781], les cyclones performaient entre 400 et 500 mg/m<sup>3</sup>.

Depuis 1997, il s'agit d'un mix filtre à manche et cyclone sur les sites industriels.

De plus, actuellement, le niveau respecté par les industriels en termes de particules est de 150 mg/m<sup>3</sup> [780].

Ainsi, la méthode retenue est la suivante :

- de 1990 à 1997, on retient le fait que les concentrations respectaient la valeur de 400 mg/m<sup>3</sup>. En 2015 (émission retenue correspond aux émissions déclarées par les industriels [19]), le niveau respecté est de 150 mg/m<sup>3</sup>, on recalcule le facteur d'émission pour la période 1990-1997.
- de 1998 à 2002, on applique une décroissance linéaire sur le facteur d'émission car les sites se sont équipés au fur et à mesure de technique de réduction.
- depuis 2003, on utilise les déclarations individuelles GEREP [19].

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

La Coopération Agricole France déshydratation a réalisé deux rapports d'essai sur la granulométrie de particules [782].

Les ratios à appliquer aux facteurs d'émission des particules totales, quelle que soit l'année considérée, le combustible et le fourrage vert utilisés, sont les suivants :

<i>tranche granulométrique</i>	<i>% répartition des TSP</i>
PM <sub>10</sub>	26
PM <sub>2,5</sub>	6
PM <sub>1,0</sub>	0,7

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

#### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de black carbon ne sont pas estimées actuellement du fait du manque de données pour quantifier les émissions spécifiques à cette activité.

#### ***Métaux lourds (ML)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de chacun des métaux lourds sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

#### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de PCDD-F sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de chacun des HAP pris en compte dans le cadre de la CEE-NU et de la directive NEC sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de PCB sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HCB sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

### **3.3.2.6. Minéraux non métalliques (ciment, émail, céramique, verre, chaux, plâtre, tuiles et briques) (NFR 1A2f)**

#### ***3.3.2.6 Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-metallic minerals***

- **Production de ciment**

La production nationale annuelle de clinker est utilisée [218] pour déterminer les émissions de polluants jusqu'en 2004. A partir de 2005, la production nationale correspond à la somme des productions déclarées par les cimentiers.

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

La méthode par bilan ne peut pas être utilisée dans le secteur de la cimenterie car le soufre contenu dans les combustibles et/ou dans les matières premières est en partie capté par le clinker. Les émissions de SO<sub>2</sub> des installations sont donc déterminées par mesure directe [19].

La méthodologie de calcul des émissions de SO<sub>2</sub> pour le secteur des cimenteries est la suivante :

- Depuis 1994, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO<sub>2</sub> de l'ensemble des installations de production de ciment. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.
- Avant 1994, le plus ancien facteur d'émission estimé sur une base individuelle est relatif à l'année 1994 (FE 94r). Cette même année, le facteur d'émission déduit des combustibles utilisés a été estimé à partir des consommations nationales et des facteurs d'émission nationaux associés (cf. section générale énergie) (FE 94c). Ces données sont rapprochées de la production nationale. Le facteur d'émission relatif à une année N (FE Nr) est déterminé selon la formule suivante à partir du facteur d'émission déduit des combustibles cette même année (FE Nc) :

$$FE Nr = ( FE 94r / FE 94c ) \times FE Nc$$

Les fluctuations du facteur d'émission sont liées à la variation de la teneur en soufre des matières premières, en particulier l'argile, et des combustibles utilisés. La présence sur certaines installations de dispositifs d'abattement des SOx explique la tendance à la réduction des émissions sur la période.

**Emissions de NOx**

Les émissions déclarées par installation sont déterminées principalement par mesure en continu [19].

La méthodologie mise en œuvre est la suivante :

- Depuis 1994, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de NOx de l'ensemble des installations de production de ciment. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.
- Avant 1994, le facteur d'émission utilisé correspond à la moyenne des facteurs d'émission des années 1994 à 1996.

Globalement, sur l'ensemble de la période, la baisse du facteur d'émission s'explique par la mise en place d'équipements de réduction des NOx (i.e. SNCR - Réduction Sélective Non Catalytique) sur plus de la moitié des installations. Toutefois, les pics observés certaines années proviennent des fluctuations de la composition des matières entrantes dans le procédé.

**Emissions de COVNM**

Les émissions déclarées par installation sont déterminées par mesure en continu ou ponctuelle [19].

La méthodologie mise en œuvre est la suivante :

- Depuis 1994, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de COVNM de l'ensemble des installations de production de ciment. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.
- Avant 1994, le facteur d'émission utilisé correspond à la moyenne des facteurs d'émission des années 1994 à 1996.

**Emissions de CO**

Les émissions déclarées par installation sont déterminées par mesure en continu ou ponctuelle [19].

La méthodologie mise en œuvre est la suivante :

- A partir de 2002, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de CO de l'ensemble des installations de production de ciment. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, le facteur d'émission retenu est celui du Guidebook EMEP/EEA [1065].
- Avant 2002, le facteur d'émission utilisé correspond à celui déterminé pour l'année 2002.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> proviennent de l'azote contenu dans les combustibles ou dans la matière première ainsi que des éventuelles fuites liées à l'utilisation des techniques d'abattement des NOx mises en place.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est celui proposé par l'ATILH [399], fixé à 19 g/t clinker.

A partir de 2004, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de l'ensemble des cimenteries [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur manque, le facteur d'émission retenu est celui fourni par l'ATILH (cf. ci-dessus).

L'augmentation sur le facteur d'émission résulte de la mise en œuvre progressive depuis 2006 de dispositifs de traitement secondaire des NOx.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Le facteur d'émission est évolutif depuis 1990. En effet, la mise en place progressive de techniques de dépoussiérage (électrofiltre, filtre à manches) et de procédures d'entretien (entretien des manches en particulier) dans le secteur des cimenteries a permis de réduire les émissions de particules.

A compter de 2001, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de l'ensemble des installations de production de ciment [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente est reportée ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.

Avant 2001, des facteurs d'émission communiqués par la profession ont été utilisés [273].

Certaines fluctuations récentes du facteur d'émission s'expliquent par des dysfonctionnements de certains équipements sur un ou deux sites tels que : fonctionnement non optimal de l'électrofiltre d'un refroidisseur, fuite sur un filtre broyeur difficile à repérer et à réparer ainsi qu'un mauvais fonctionnement de filtres révisés lors d'un arrêt annuel.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Des ratios exprimés par rapport aux particules totales sont utilisés [301].



Les ratios à appliquer aux facteurs d'émission des particules totales, quelle que soit l'année considérée, sont les suivants :

<i>tranche granulométrique</i>	<i>% répartition des TSP</i>
PM <sub>10</sub>	90
PM <sub>2,5</sub>	70
PM <sub>1,0</sub>	59,5

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

#### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de PM<sub>2,5</sub> [1064].

#### ***Métaux lourds (ML)***

A partir de 2003, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de l'ensemble des installations de production de ciment [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente est reportée ou une valeur moyenne déduite des autres installations est utilisée.

Avant 2003, des facteurs d'émission communiqués par la profession ont été utilisés [273].

Pour le sélénium, un facteur d'émission constant est utilisé pour toutes les années [1065].

Les métaux lourds sont principalement introduits dans le procédé par les déchets qui sont recyclés, soit comme correcteur chimique, soit comme substitution à des combustibles classiques. La nature et la composition des produits recyclés peuvent varier très significativement d'une année à l'autre, ce qui explique les fluctuations observées.

#### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

De 1990 à 1996, le facteur d'émission est une valeur moyenne communiquée par la profession [300].

A partir de 2003, les émissions sont déterminées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19].

De 1997 à 2002, les valeurs sont interpolées car la réduction s'est faite progressivement.

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Les facteurs d'émission sont documentés pour les composés pris en compte dans le cadre de la CEE-NU et de la directive NEC [754]. Les valeurs retenues sont appliquées uniformément sur l'ensemble de la période étudiée.

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Les émissions sont déterminées à partir d'un facteur d'émission des PCB identique pour toutes les années [1065].

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Les émissions sont déterminées à partir d'un facteur d'émission des HCB identique pour toutes les années [1065].

- **Production d'émail**

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO<sub>2</sub> des installations de production d'émail [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

Les émissions proviennent très majoritairement de l'apport de soufre contenu dans les matières premières.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de NO<sub>x</sub> des installations de production d'émail [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

Les émissions de NO<sub>x</sub> proviennent majoritairement des matières premières utilisées chargées en nitrates.

**Emissions de COVNM**

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de COVNM des installations de production d'émail [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

**Emissions de CO**

Un facteur d'émission déterminé à partir des déclarations annuelles de CO [19] relatif à l'année 2002 est appliqué sur toute la période.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Compte tenu des déclarations annuelles [19], il n'est pas attendu d'émission significative de NH<sub>3</sub> par les installations de production d'émail.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de particules totales en suspension sont mesurées périodiquement et déclarées à l'administration par chaque installation [19].

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions des installations de production d'émail. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente est reportée ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

A partir de quelques résultats de mesure [19], un ratio pour les PM<sub>10</sub>, exprimé par rapport aux particules totales, est déterminé puis appliqué pour chaque année aux émissions totales de particules en suspension.

Selon le Guidebook EMEP/EEA 2023 (table 3.3) [1288] le facteur d'émission des PM<sub>2,5</sub> est le même que celui des PM<sub>10</sub> dans le cas de la consommation de gaz naturel comme combustible.

Faute de données disponibles dans la littérature, il est fait l'hypothèse que le ratio des PM<sub>1,0</sub> est le même que celui des PM<sub>2,5</sub>.

<i>tranche granulométrique</i>	<i>% répartition des TSP</i>
PM <sub>10</sub>	46
PM <sub>2,5</sub>	46
PM <sub>1,0</sub>	46

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

#### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les émissions de BC représentent 4% des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Cette valeur est fournie dans le Guidebook EMEP 2023 [1288].

#### ***Métaux lourds (ML)***

Pour tous les métaux lourds, les émissions sont mesurées ponctuellement et déclarées à l'administration pour chaque installation [19], sauf pour le sélénium.

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions des installations de production d'email. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la dernière valeur disponible du facteur d'émission du site concerné (sur la base des données déclarées) est appliquée.

Les émissions de sélénium communiquées directement par les exploitants [50] sont utilisées à partir de 2011 et, pour les autres sites, les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission moyen déterminé sur les années connues à partir des données de production communiquées sur le secteur. Avant 2011, cette valeur est recalculée à partir des productions d'email historiques fournies par les exploitants et de la tendance de variation des émissions de TSP afin de prendre en compte la mise en place d'équipements d'atténuation des poussières. Les émissions de sélénium sont également estimées à partir des consommations de combustibles des sites [19] et des facteurs d'émission nationaux relatifs aux métaux lourds (cf. section générale énergie).

#### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Un facteur d'émission national a été déterminé à partir des quelques résultats de mesure disponibles [19].

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les facteurs d'émission relatifs aux autres HAP sont également fournis (BaA, BghiPe, BahA et FluorA).

Les émissions nationales pour chacun des 8 HAP sont estimées à partir des consommations de combustibles déclarées par les sites [19] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

- **Production de céramiques fines**

Deux méthodes distinctes sont utilisées pour estimer les émissions de polluants :

- **Emissions déclarées** directement, via les déclarations annuelles de polluants [19] ;
- **Emissions calculées**, soit :
  - à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie) appliqués à la consommation de combustibles ; soit
  - à partir de facteurs d'émission moyens recalculés, appliqués à la production.

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont induites, d'une part, par les combustibles et, d'autre part, par l'apport de matières premières. Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de SO<sub>2</sub> via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen relatif aux émissions induites par la matière première est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de SO<sub>2</sub>, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Les émissions induites par la consommation de combustibles sont quant à elles recalculées à partir du solde de la consommation nationale et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).
- Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

Avant 2004, les émissions provenant des combustibles sont calculées à partir des consommations de combustibles du secteur et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Les émissions induites par la matière première sont calculées en multipliant la production nationale par le facteur d'émission moyen relatif à la matière première déterminé à partir des déclarations annuelles de polluants des années 2004 à 2006. Un facteur d'émission moyen au niveau national est également recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de NO<sub>x</sub> via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de NO<sub>x</sub>, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, les émissions nationales sont estimées en utilisant le facteur d'émission moyen déterminé en 2004, la variabilité des émissions étant supposée au moins égale aux évolutions a priori limitées du procédé au cours de la période démarrant en 1990.

**Emissions de COVNM**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de COVNM via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de COVNM, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, les émissions nationales sont estimées en appliquant le facteur d'émission issu de l'OFEFP [42] à la production nationale.

### **Emissions de CO**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de CO via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de CO, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, les émissions nationales sont estimées en appliquant le facteur d'émission issu de l'OFEFP [42] à la production nationale.

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de TSP via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de TSP, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, les émissions nationales sont estimées en appliquant le facteur d'émission moyen déterminé en 2004.

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont calculées en utilisant des ratios exprimés par rapport aux particules totales [183].

Les émissions de PM<sub>1,0</sub> sont estimées en faisant l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que celui des PM<sub>2,5</sub>.

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub> ou PM<sub>10</sub>. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Il a été fait l'hypothèse que le ratio pour la production de céramique est le même que celui pour la production de ciment [1064].

### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de certains métaux lourds proviennent, d'une part, de l'utilisation de combustibles et, d'autre part, des éléments contenus dans la matière première. Pour d'autres métaux lourds, les émissions ne proviennent que de la combustion.

Chaque année, depuis 2004, les émissions déclarées pour certains sites via les déclarations annuelles de polluants [19] sont utilisées pour déterminer un facteur d'émission moyen induit par la matière première. Ce facteur d'émission moyen est ensuite appliqué à la production nationale [251] pour chaque année depuis 1990. Pour les émissions induites par la combustion, les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie) sont appliqués à la consommation nationale.

Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

#### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de dioxines et furannes sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HAP de chacun des composés (BaP, BkF, BbF, IndPy, BghiPe, BaA, BahA, FluorA) sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Des facteurs d'émission moyens au niveau national sont recalculés chaque année, à partir des émissions totales des polluants, ramenées à la production nationale.

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de PCB sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HCB sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

- **Production de tuiles et briques**

#### **Consommation d'énergie**

Avant 2005, la consommation nationale de combustibles provient de l'EACEI [26]. Depuis 2005, cette consommation nationale n'est plus disponible. Elle est recalculée à partir de deux sources complémentaires : des consommations par site, disponibles dans les déclarations annuelles des émissions [19], et pour la consommation surfacique (solde de la production), du ratio énergétique de la consommation de combustibles par tonne de produit pour l'année 2004, appliqué au solde de la production [241].

#### **Production de tuiles et briques**

Les données de production proviennent de la Fédération Française des Tuiles et Briques [241] ainsi que des déclarations annuelles [19].

Deux méthodes distinctes sont utilisées pour estimer les émissions de polluants :

- **Emissions déclarées** directement, via les déclarations annuelles de polluants [19] ;
- **Emissions calculées**, soit :
  - à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie) appliqués aux consommations ; soit

- à partir de facteurs d'émission moyens recalculés, appliqués à la production.

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont induites, d'une part, par les combustibles et, d'autre part, par l'apport de matières premières. Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de SO<sub>2</sub> via les déclarations annuelles de polluants [19], ces valeurs d'émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen relatif aux émissions induites par la matière première est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de SO<sub>2</sub>, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Les émissions induites par la consommation de combustibles sont quant à elles recalculées à partir du solde de la consommation nationale et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).
- Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne des facteurs d'émission recalculés au niveau national, sur la période 2004-2013. Ce facteur d'émission moyen est appliqué à la production nationale [241].

### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de NO<sub>x</sub> via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de NO<sub>x</sub>, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne de ceux déterminés sur la période 2004-2013, appliqué à la production nationale.

### **Emissions de COVNM**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de COVNM via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de COVNM, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne de ceux déterminés sur la période 2004-2013, appliqué à la production nationale.

### **Emissions de CO**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de CO via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de CO, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne de ceux déterminés sur la période 2004-2013, appliqué à la production nationale.

#### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de TSP via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de TSP, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne de ceux déterminés sur la période 2004-2013, appliqué à la production nationale.

#### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont calculées en utilisant des ratios exprimés par rapport aux particules totales [183].

Les émissions de PM<sub>1,0</sub> sont déterminées en faisant l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que pour les PM<sub>2,5</sub>.

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Il a été fait l'hypothèse que le ratio pour la production de tuiles et briques est le même que celui pour la production de ciment à partir du guide EMEP 2019 [1064].

#### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds proviennent, d'une part, de l'utilisation de combustibles et, d'autre part, des éléments contenus dans la matière première. La même approche est utilisée pour l'ensemble des métaux lourds étudiés ici.

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction des années et des métaux lourds :

- Méthodologie 1 : Les données d'émissions sont disponibles via les déclarations annuelles de polluants [19],
- Méthodologie 2 : Les données d'émissions ne sont pas disponibles.

#### **Méthodologie 1 - Données d'émissions disponibles**

Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de métaux lourds via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées. Pour le reste de la production nationale, un



facteur d'émission moyen relatif aux émissions induites par la matière première est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions du métal lourd considéré, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Les émissions induites par la consommation de combustibles sont quant à elles recalculées à partir du solde de la consommation nationale et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

#### *Méthodologie 2 - Pas de données d'émissions disponibles*

Si les données d'émissions ne sont pas disponibles via les déclarations individuelles, les émissions sont déterminées à partir de la consommation de combustibles et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie), auxquelles les émissions induites par la matière première sont ajoutées. Pour évaluer les émissions induites par la matière première, la production nationale est multipliée par le facteur d'émission moyen de la matière première déterminé à partir des années où il y a eu des déclarations annuelles de polluants pour le métal lourd considéré.

Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de dioxines et furannes sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HAP de chacun des composés (BaP, BkF, BbF, IndPy, BghiPe, BaA, BahA, FluorA) sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Des facteurs d'émission moyens au niveau national sont recalculés chaque année, à partir des émissions totales des polluants, ramenées à la production nationale.

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de PCB sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

#### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HCB sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

- **Production de verre**

Selon les polluants, les produits et la période, différentes approches méthodologiques sont mises en œuvre :

**Approche A** : les émissions nationales correspondent à la somme, d'une part, des émissions des sites qui déclarent annuellement leurs rejets [19] et, d'autre part, des émissions calculées des sites pour lesquels les émissions ne sont pas directement disponibles (le calcul est alors basé sur l'utilisation de données des sites connus et/ou des reports de l'année précédente).

**Approche B** : les émissions sont déterminées comme étant égales au produit de l'activité par un facteur d'émission. Ce facteur est établi pour une année particulière pour laquelle des données ont permis de le déterminer.

**Autres approches** : les émissions sont déterminées par un autre moyen (facteur d'émission de la littérature, etc.).

Les approches mises en œuvre sont précisées au cas par cas dans les paragraphes ci-après.

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, peuvent être déterminées par bilan matière ou par mesure [19].

Code SNAP	Type de produit	Période	Approche méthodologique
030314	Verre plat	Depuis 1993	A
		Avant 1993	B base 1993
030315	Verre creux	Depuis 1993	A
		Avant 1993	B base 1993
030316	Fibre de verre	Depuis 1993	A
		Avant 1993	B base 1993
030317	Verre technique	Depuis 1994	A
		Avant 1994	B base 1994
030318	Laine de roche	Depuis 1994	A
		Avant 1994	B base 1994

### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions déclarées de NO<sub>x</sub> des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, sont déterminées par mesure.

Les mêmes approches méthodologiques par type de verre que pour le SO<sub>2</sub> sont mises en œuvre.

### **Emissions de COVNM**

Les émissions déclarées de COVNM des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, sont déterminées par mesure.

En fonction du type de verre et de l'année, différentes approches méthodologiques sont mises en œuvre.

Code SNAP	Type de produit	Période	Approche méthodologie
030314	Verre plat	Toutes les années	A
030315	Verre creux	Depuis 2004	A
		Avant 2004	B base 2004
030316	Fibre de verre	Toutes les années	Inclus dans la catégorie relative à l'enduction de la fibre de verre (cf. section relative au code CRF 3D)
030317	Verre technique	Toutes les années	Facteur d'émission de la littérature [407]
030318	Laine de roche	Depuis 2002	A
		Avant 2002	B base 2002

### ***Emissions de CO***

Les émissions déclarées de CO des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, sont déterminées par mesure.

En fonction du type de verre et de l'année, différentes méthodologies sont mises en œuvre.

Code SNAP	Type de produit	Période	Approche méthodologie
030314	Verre plat	Depuis 2004	A avec facteur d'émission provenant de la référence [409] pour la fraction des installations dont les émissions ne sont pas directement disponibles
		Avant 2004	B base 2004
030315	Verre creux	Depuis 2004	A avec facteur d'émission provenant de la référence [240] pour la fraction des installations dont les émissions ne sont pas directement disponibles
		Avant 2004	Utilisation d'un facteur d'émission issu de données communiquées par la profession [240]
030316	Fibre de verre	Depuis 2004	A
		Avant 2004	B base 2004
030317	Verre technique	Depuis 2004	A avec facteur d'émission provenant de la référence [407] pour la fraction des installations dont les émissions ne sont pas directement disponibles
		Avant 2004	B base 2004
030318	Laine de roche	Depuis 1994	Somme des émissions déclarées jusqu'à 2018 ; A depuis 2019
		Avant 1994	B base 2004

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> des verreries ne sont produites que par certaines fabrications de verre, en particulier lors de la fabrication de produits isolants (laine de verre et laine de roche). Ces émissions ne sont pas induites par la fusion du verre mais lors de la fabrication de la fibre. En effet, ces émissions proviennent des liants et des encollages qui se dégradent au fibrage et en étuve de polymérisation.

Les facteurs d'émission ont été déterminés à partir des données disponibles dans les déclarations annuelles des émissions à partir de 2004 [19] puis, pour les années suivantes, le facteur d'émission relatif à l'année 2004 est appliqué uniformément à toutes les années antérieures.

Attention, les facteurs d'émission présentés dans la base de données OMINEA sont des facteurs d'émission rapportés à l'ensemble de la production nationale même si tous les sites ne sont pas émetteurs.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les différentes méthodologies mises en œuvre sont les suivantes :

- **M1.** Les émissions déclarées sont utilisées [19] et, pour les autres sites, les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission moyen par année estimé à partir des déclarations.
- **M2.** Les facteurs d'émission utilisés proviennent de la profession [240].
- **M6.** Les émissions sont déterminées à partir d'une interpolation linéaire entre deux années dont les facteurs d'émission sont connus.

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	<p>A partir de 2000 : M1</p> <p>En 1991, 1992 et de 1994 à 1999 : M6</p> <p>En 1990 et 1993 : M2</p>	<p>A partir de 2002 : M1</p> <p>En 1991, 1992, 1994 et de 1998 à 2001 : M6</p> <p>En 1990, 1993, et de 1995 à 1997 : M2</p>	<p>A partir de 2000 : M1</p> <p>En 1991, 1992, 1994, 1998 et 1999 : M6</p> <p>En 1990, 1993 et de 1995 à 1997 : M2</p>	Idem verre creux	<p>A partir de 2001 : M1</p> <p>En 1991, 1992, 1994, 1998 et entre 1998 et 2000 : M6</p> <p>En 1990, 1993 et de 1995 à 1997 : M2</p>

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

D'après la profession [240], les poussières émises lors de la fabrication du verre plat, verre creux, verre technique et laine de roche sont toutes submicroniques. Les facteurs d'émission des PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub> sont donc les mêmes que ceux relatifs aux particules totales (se reporter au tableau ci-dessus).

En ce qui concerne la fabrication de fibre de verre, les déclarations annuelles de rejets [19] fournissent des données sur les émissions de PM<sub>10</sub> différentes des émissions de TSP. Les mêmes facteurs d'émission que ceux relatifs aux PM<sub>10</sub> sont appliqués aux PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub> faute d'information plus précise.

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

**Emissions de Black Carbon/Carbone suie (BC)**

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub> (cf. tableau ci-dessous).

Code SNAP	% BC par rapport aux PM <sub>2,5</sub>	Référence
030314 - Verre plat	0,062	[1066 - table 3.2]
030315 - Verre creux	0,062	[1066 - table 3.3]
030316 - Fibre de verre	2	[1066 - table 3.5]
030317 - Verre technique	2	[1066 - table 3.4]
030318 - Laine minérale	2	Hypothèse : même ratio que le verre technique

**Métaux lourds (ML)**

Les facteurs d'émission relatifs aux métaux lourds proviennent, soit d'une compilation des données disponibles dans les déclarations annuelles des rejets (dont les consommations de combustibles) [19], soit de données de la profession [240], soit de valeurs de la littérature ([1066] et [1069]). Les fluctuations observées reflètent la variabilité des conditions de fonctionnement des installations.

Les différentes méthodologies mises en œuvre sont les suivantes :

- **M1.** Les émissions déclarées sont utilisées [19] et, pour les autres sites, les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission moyen par année estimé à partir des déclarations complétées.
- **M2.** Les facteurs d'émission utilisés proviennent de la profession [240].
- **M3.** Le facteur d'émission retenu est celui déterminé relativement à une certaine année qui est précisée.
- **M4.** Les émissions déclarées sont utilisées [19] et, pour les autres sites, les émissions sont déterminées à partir du facteur d'émission communiqué par la fédération [240].
- **M5.** Les émissions sont estimées à partir des consommations de combustibles des sites [19] et des facteurs d'émission nationaux relatifs aux métaux lourds (cf. section générale énergie).
- **M6.** Les émissions sont déterminées à partir d'une interpolation linéaire entre deux années dont les facteurs d'émission sont connus.
- **M7.** Les émissions déclarées sont utilisées [19] et, pour les autres sites, les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission déterminé une certaine année à partir des déclarations.

Pour l'ensemble des métaux lourds, les différentes méthodologies mises en œuvre dépendent de l'année considérée ainsi que du type de verre produit.

## Arsenic

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	<p>Avant 2003 : M2</p> <p>Entre 2003 et 2008 : M1</p> <p>A partir de 2009 : M7 (report du facteur d'émission (FE) de 2007)</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report FE 2003)</p> <p>A partir de 2003 : M1</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report FE 2003)</p> <p>2003, 2004 : M7 (report FE 2005)</p> <p>2005, 2006 : M1</p> <p>2007, 2008 : M7 (report FE 2006)</p> <p>A partir de 2009 : M1</p>	<p>Avant 2004 : M3 (report FE 2004)</p> <p>A partir de 2004 : M4</p>	M5

## Cadmium

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	<p>Avant 2003 : M2</p> <p>Entre 2003 et 2009 : M1</p> <p>A partir de 2010 : M7 (report FE 2009)</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report FE 2003)</p> <p>Entre 2003 et 2008 : M1</p> <p>A partir de 2009 : M7 (report FE 2008)</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report FE 2003)</p> <p>Entre 2003 et 2009 : M1</p> <p>A partir de 2010 : M7 (report FE 2009)</p>	<p>Avant 2004 : M3 (report FE 2004)</p> <p>A partir de 2004 : M4</p>	M5

## Chrome

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	<p>Avant 1999 : M2</p> <p>Entre 1999 et 2003 : M6</p> <p>A partir de 2003 : M1</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report du FE 2003)</p> <p>Entre 2003 et 2010 : M1</p> <p>A partir de 2011 : M7 (report FE 2010)</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report FE 2003)</p> <p>A partir de 2003 : M7 (utilisation du facteur d'émission de 2008 à partir des déclarations)</p>	<p>Avant 2004 : M3 (report FE 2004)</p> <p>A partir de 2004 : M4</p>	M5

## Cuivre

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	<p>Avant 2003 : M2</p> <p>A partir de 2003 : M1</p>	<p>Avant 2004 : M2</p> <p>Entre 2004 et 2009 : M1</p> <p>A partir de 2010 : M7 (report FE 2009)</p>	<p>Avant 2004 : M3 (report du facteur d'émission national de 2004)</p> <p>2004 : M7 (report FE 2005)</p> <p>2005 et 2006 : M1</p> <p>A partir de 2007 : M7 (report FE 2006)</p>	M2	M5



## Mercure

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	<p>Avant 1999 : M2</p> <p>Entre 1999 et 2003 : M6</p> <p>Entre 2003 et 2014 : M1</p> <p>A partir de 2015 : M7 (report FE 2014)</p>	<p>Avant 2003 : M2</p> <p>Entre 2003 et 2009 : M1</p> <p>A partir de 2010 : M7 (report FE 2009)</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report FE 2003)</p> <p>Entre 2003 et 2009 : M1</p> <p>2010 et 2011 : M7 (report FE 2009)</p> <p>2012 : M1</p> <p>A partir de 2013 : M7 (report FE 2012)</p>	<p>Avant 2004 : M3 (report FE 2004)</p> <p>A partir de 2004 : M4</p>	M5

## Nickel

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	<p>Avant 1999 : M2</p> <p>Entre 1999 et 2003 : M6 (entre 1999 et 2003)</p> <p>Entre 2003 et 2006 : M1</p> <p>A partir de 2007 : M7 (report FE 2006)</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report FE 2003)</p> <p>Entre 2003 et 2009 : M1</p> <p>2010 : M7 (report FE 2009)</p> <p>A partir de 2011 : M7 (report FE 2010)</p>	<p>Avant 2003 : M3 (report FE 2003)</p> <p>2003 : M1</p> <p>Entre 2004 et 2008 : M7 (report FE 2009)</p> <p>2009 et 2010 : M1</p> <p>A partir de 2011 : M7 (report FE 2010)</p>	<p>Avant 2004 : M3 (report FE 2004)</p> <p>A partir de 2004 : M4</p>	M5

## Plomb

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	Avant 2003 : M2 Entre 2003 et 2019 A partir de 2003 : M1 A partir de 2020 : M7 (report FE 2019)	Avant 2003 : M2 Entre 2003 et 2009 : M1 A partir de 2010 : M7 (report FE 2009)	Avant 2003 : M3 (report du FE 2005) 2003, 2004 : M7 (report FE 2005) Entre 2005 et 2009 : M1 A partir de 2010 : M7 (report FE 2009)	Avant 2004 : M3 (report FE 2004) 2004 : M1 A partir de 2005 : M7 (utilisation du FE 2004)	M5

## Sélénium

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	[1066]	[1066]	M5	[1069]	M5

## Zinc

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	Avant 1999 : M2 Entre 1999 et 2003 : M6 Entre 2003 et 2019 : M1 A partir de 2020 : M7 (report FE 2019)	Avant 2003 : M2 A partir de 2003 : M4	M5	M2	M5

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines et furannes sont négligeables quel que soit le type de verre produit.

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les facteurs d'émission relatifs aux autres HAP sont également fournis (BaA, BghiPe, BahA et FluorA).

La méthodologie mise en œuvre consiste à déterminer les émissions au moyen des consommations annuelles du secteur par combustible et du facteur d'émission approprié (cf. section générale énergie).

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB sont calculées à partir de la consommation de combustibles et des facteurs d'émission associés (cf. section générale énergie).

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB sont calculées à partir de la consommation de combustibles et des facteurs d'émission associés (cf. section générale énergie).

Compte tenu des combustibles utilisés, des émissions ne sont déterminées que pour la production de laine de roche (SNAP 030318).

- **Production de chaux**

Selon les substances et le type de chaux, les approches méthodologiques passent :

- soit par l'utilisation de données spécifiques aux installations sur une base individuelle qui servent, par extrapolation à déterminer les émissions de l'ensemble des installations,
- soit par l'utilisation de données nationales de production et de facteurs d'émission associés (exemple : cas des particules),
- soit par l'utilisation de données nationales de consommation d'énergie et de facteurs d'émission (nationaux ou spécifiques à une année donnée).

La production nationale annuelle de chaux est utilisée pour déterminer les émissions de polluants hors gaz à effet de serre.

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Au niveau des sites industriels, les émissions de SO<sub>2</sub> des installations de production de chaux aérienne, magnésienne et hydraulique peuvent être déterminées par bilan matière, par mesure ou à partir des consommations de combustibles.

Trois méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles sont disponibles pour les années 1994 et 1995 et à partir de 1999 via les déclarations annuelles de polluants [19].

**Pour les années 1994 et 1995 et à partir de 1999**, les émissions déclarées pour certains sites via les déclarations annuelles de polluants [19] sont utilisées. Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission est déterminé chaque année à partir des sites qui ont déclaré des émissions de SO<sub>2</sub>. Ce facteur d'émission est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Le schéma suivant précise la méthodologie mise en œuvre pour les années 1994 et 1995 et à partir de 1999.

**Entre 1996 et 1998**, les facteurs d'émission sont obtenus par linéarisation des facteurs d'émission connus en 1995 et 1999.

**Avant 1994**, les émissions nationales sont estimées en utilisant le facteur d'émission déterminé en 1994.

#### ***Emissions de NO<sub>x</sub>***

Au niveau des sites industriels, les émissions déclarées de NO<sub>x</sub> des installations de production de chaux aérienne, magnésienne et hydraulique sont déterminées par mesure ponctuelle ou en continu.

Pour estimer les émissions de NO<sub>x</sub> des installations de production de chaux, la même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est mise en œuvre.

#### ***Emissions de COVNM***

Au niveau des sites industriels, les émissions déclarées des installations de production de chaux aérienne, magnésienne et hydraulique sont déterminées par mesure périodique.

Pour estimer les émissions de COVNM des installations de production de chaux, la même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est mise en œuvre.

#### ***Emissions de CO***

Pour estimer les émissions de CO des installations de production de chaux, la même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est mise en œuvre.

#### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables d'autant qu'il n'y a actuellement aucune installation munie de dispositif d'épuration des NO<sub>x</sub> dont la nature du procédé serait susceptible de rejeter cette substance en quantité significative.

#### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Trois méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles sont disponibles pour les années 1994 et 1995 et à partir de 1999 via les déclarations annuelles de polluants [19].

**Pour les années 1994 et 1995 et à partir de 1999**, les émissions déclarées pour certains sites via les déclarations annuelles de polluants [19] sont utilisées. Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission est déterminé chaque année à partir des sites qui ont déclaré des émissions de particules totales. Ce facteur d'émission est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

**Entre 1996 et 1998**, les facteurs d'émission sont obtenus par linéarisation des facteurs d'émission connus en 1995 et 1999.

**Avant 1994**, les émissions nationales sont estimées en utilisant le facteur d'émission déterminé en 1994.

#### ***Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>***

Les facteurs d'émission relatifs aux PM<sub>10</sub> sont obtenus de manière similaire aux TSP mais avec un échantillon de données plus restreint. Le pourcentage de PM<sub>10</sub> par rapport aux TSP est pris égal au pourcentage observé en 2005.

Les valeurs retenues pour la granulométrie des PM<sub>2,5</sub> sont issues de l'étude IER / Citepa dans le cadre d'Interreg III [183].

Les PM<sub>1,0</sub> sont estimées en faisant l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que celui des PM<sub>2,5</sub>.

Ces facteurs d'émission s'appliquent quel que soit le type de chaux produite.

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

#### ***Emissions de Black Carbon/Carbone suie (BC)***

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les émissions de BC représentent 0,46% des émissions de PM<sub>2,5</sub> [1067].

#### ***Métaux lourds (ML)***

Pour tous les métaux lourds traités dans le SNIEBA et pour l'ensemble de la période depuis 1990, les émissions sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés et des facteurs d'émission communs relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

#### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Les émissions de dioxines et furannes induites par les fours à chaux sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés et des facteurs d'émission communs relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les facteurs d'émission relatifs aux autres HAP sont également fournis (BaA, BghiPe, BahA et FluorA).

La même méthodologie que pour les dioxines et furannes est utilisée pour chaque composé HAP. Les facteurs d'émission par combustible sont disponibles dans la section générale énergie.

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

La même méthodologie que pour les dioxines et furannes est utilisée. Les facteurs d'émission par combustible décrits dans la section générale énergie sont appliqués.

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

La même méthodologie que pour les dioxines et furannes est utilisée. Les facteurs d'émission par combustible décrits dans la section générale énergie sont appliqués.

- **Production de plâtre**

Les émissions sont calculées à partir de la production de plâtre nationale [364], de la production de plâtre déclarée par les sites industriels [19] mais également selon certaines années à partir de la consommation énergétique (méthode décrite précédemment).

#### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

A partir de 2003, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO<sub>2</sub> provenant, d'une part, des déclarations annuelles [19] (toutefois, lorsqu'une donnée n'est pas déclarée une année, la valeur de l'année précédente ou une valeur moyenne calculée à partir des données disponibles pour d'autres installations est utilisée) et, d'autre part, du calcul pour la production surfacique. Les émissions de SO<sub>2</sub> provenant de la production surfacique correspondent au produit entre la production surfacique (production nationale - production des sites connus) et le facteur d'émission déduit des données de SO<sub>2</sub> déclarées par les industriels.

Avant 2003, les émissions sont déterminées à partir des consommations du secteur par combustible et des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie).

**Emissions de NOx**

La méthode pour déterminer les émissions de NOx est la même que celle pour le SO<sub>2</sub>.

**Emissions de COVNM**

La même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est employée.

**Emissions de CO**

La même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est employée.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables pour la production de plâtre.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Avant 2003, le facteur d'émission de l'OFEFP [68] est retenu.

A partir de 2003, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de TSP provenant, d'une part, des déclarations annuelles [19] (toutefois, lorsqu'une donnée n'est pas déclarée une année, la valeur de l'année précédente ou une valeur moyenne calculée à partir des données disponibles pour d'autres installations est utilisée), et, d'autre part, du calcul pour la production surfacique. Les émissions de TSP provenant de la production surfacique correspondent au produit entre la production surfacique (production nationale - production des sites connus) et le facteur d'émission déduit des données de TSP déclarées par les industriels.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

La granulométrie provient respectivement pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> de l'OFEFP [68] et de l'US EPA [395] (la proportion correspond à la moyenne des trois procédés proposés).

tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM <sub>10</sub>	62
PM <sub>2,5</sub>	37
PM <sub>1,0</sub>	37

Pour les PM<sub>1,0</sub>, il est fait l'hypothèse que la répartition est la même que celle des PM<sub>2,5</sub>.

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

**Emissions de Black Carbon/Carbone Suie (BC)**

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Il a été fait l'hypothèse que le ratio pour la production de plâtre est le même que celui pour la production de ciment à partir du guide EMEP 2019 [1064].

**Métaux lourds (ML)**

Pour tous les métaux lourds traités dans le SNIEBA et pour l'ensemble de la période depuis 1990, les émissions sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés et des facteurs d'émission communs relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines et furannes induites par les fours à plâtre sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés et des facteurs d'émission communs

relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les facteurs d'émission relatifs aux autres HAP sont également fournis (BaA, BghiPe, BahA et FluorA).

La même méthodologie que pour les dioxines et furannes est utilisée pour chaque HAP. Les facteurs d'émission par combustible sont disponibles dans la section générale énergie.

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

La même méthodologie que pour les dioxines et furannes est utilisée. Les facteurs d'émission par combustible décrits dans la section générale énergie sont appliqués.

#### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance.

### **3.3.2.7. Autres (enrobés routiers, autres fours) (NFR 1A2gvii & 1A2gviii)**

#### **3.3.2.7 Mobile Combustion in manufacturing industries and construction & Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Other**

- **Enrobés routiers**

Les émissions sont calculées, selon les polluants :

- soit à partir de la consommation nationale de bitume des centrales d'enrobage, obtenue auprès de l'USIRF par communication avant 2005 [184] et dans une publication annuelle à partir de 2005 [715] ;
- soit à partir de la répartition par type de combustibles, obtenue auprès de la profession pour certaines années et de la consommation spécifique d'énergie rapportée au bitume consommé [185].

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>, COVNM et CO**

Les émissions de NO<sub>x</sub>, COVNM et CO sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission sectoriels par combustible [717].

#### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717]. Faute de données disponibles, les émissions de NH<sub>3</sub> ne sont pas estimées pour le gaz naturel.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de TSP sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717]. D'après l'USIRF [267], le type de dépoussiéreur le plus utilisé depuis 1988 est le filtre à manches. Dans cette étude nationale, il n'est pas précisé si les condensables sont pris en compte pour le calcul des émissions.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont estimées au moyen d'une granulométrie fournie par l'étude ASPA [183]. Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les PM<sub>1,0</sub> est supposé identique à celui des PM<sub>2,5</sub>.

tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM <sub>10</sub>	96
PM <sub>2,5</sub>	33
PM <sub>1,0</sub>	33

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>, ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2016 [745] pour le recouvrement des routes. Les émissions de BC représentent 5,7% des émissions de PM<sub>2,5</sub>.

**Métaux lourds (ML)**

Arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium et zinc

Les émissions de métaux lourds sont calculées à partir des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717], du ratio énergétique associé [717] et de la répartition par combustible fournie par la profession [185].

**Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines/furanes sont calculées à partir des facteurs d'émission nationaux de dioxines/furanes par combustible (cf. section générale énergie), du ratio énergétique associé [717] et de la répartition par combustible fournie par la profession [185].

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de HAP sont calculées à partir des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717], du ratio énergétique associé [717] et de la répartition par combustible fournie par la profession [185]. Les HAP considérés sont : BaA, BaP, BbF, BghiPe, BkF, BahA, FluorA et IndPy.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB sont calculées à partir des facteurs d'émission nationaux de PCB par combustible (cf. section générale énergie), du ratio énergétique associé [717] et de la répartition par combustible fournie par la profession [185].

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB sont supposées négligeables.

**3.3.3 Incertitudes****3.3.3 Uncertainties**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.



### 3.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 3.3.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

Des dispositions spécifiques sont élaborées pour ce sous-secteur de l'énergie :

- les émissions recalculées sont vérifiées ainsi que les tendances sur la série temporelle,
- une vérification systématique de l'absence de valeur négative dans les consommations et les émissions (pouvant être dues au bouclage sur le bilan de l'énergie national),
- les déclarations annuelles des exploitants sont vérifiées par les autorités locales (DREAL) puis validées par le Ministère chargé de l'Environnement,
- une validation spécifique est mise en place pour l'inventaire des GIC (Grandes Installations de Combustion),
- pour le secteur de la production de ciment, le ratio énergétique, exprimé en GJ/t clinker, oscille pour la France entre 3,7 et 4 GJ/t clinker. Or, dans les conclusions sur les Meilleures Techniques Disponibles pour les cimenteries (décision d'exécution de la commission du 26 mars 2013 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour la production de ciment, de chaux et d'oxyde de magnésium, au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil relative aux émissions industrielles - tableau 1), le ratio énergétique est compris entre 2,9 et 3,3 GJ/t clinker pour les nouveaux fours. La valeur française semble donc être réaliste puisque la plupart des fours en activité ne sont pas récents.

### 3.3.5 Recalculs

#### 3.3.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications » et détaillées en Annexe 5.

Les recalculs par sous-secteurs sont présentés ci-dessous :

Tableau 56 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A2

1A2 - Stationary combustion in manufacturing industries and construction (excluding 1A2gvii): observations générales pour la combustion de combustibles sans contact dans les chaudières, turbines ou moteurs	
Données d'activité	<p>Pour le secteur de la combustion de combustibles totale dans l'industrie manufacturière :</p> <p>Certaines données du bilan de l'énergie du SDES ont été révisées pour la période 2011-2021, avec notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une hausse des consommations de fioul domestique sur 2011-2020 (importante sur 2011-2014, entre +6200 et +8400 TJ, entre +1350 et + 3150 TJ sur 2015-2020), et à la baisse pour 2021 (-2680 TJ),</li> <li>- une baisse significative de la consommation de fioul lourd pour 2021 (-4940 TJ), et un traitement nouveau pour ce même combustible sur 1990-2002, entraînant des hausses (1990, 1992-1994, 1997 et 2000, de +130 à + 1830 TJ) et des baisses pour les autres années (de -135 à -510 TJ),</li> <li>- ajout de la consommation de liquides de gaz naturel pour 2021 (+1000 TJ),</li> </ul>

	<p>- une forte baisse des consommations de biomasse solide pour 2011-2018 (entre -850 et -7468 TJ entre 2011 et 2018) suivi par une hausse sur 2019-2020 (+2309 TJ en 2019, +3129 TJ en 2020),</p> <p>- ajout de consommation de biogaz dû à un nouveau traitement du bilan sur toute la série temporelle (de 0 à +840 TJ),</p> <p>- enfin, les données de consommations de gaz naturel liées aux autoproducteurs d'électricité ont été légèrement révisées à la baisse pour la période 2008-2020 (environ -419 à -1675 TJ), et significativement à la hausse pour 2021 (+13820 TJ).</p> <p>Enfin, les données des combustibles spécifiques (i.e., « other fuels ») non couverts par le bilan de l'énergie du SDES, provenant directement des déclarations ETS, ont été légèrement révisées, suite à des changements d'allocation de sites industriels, principalement pour les gaz industriels et autres liquides de la chimie.</p>
SO <sub>2</sub>	Correction d'une erreur d'estimation des émissions de SO <sub>2</sub> pour 2021 : recalculs très importants pour cette année (+11,6 kt).
NO <sub>x</sub>	Mise à jour à la hausse du FE pour la combustion de biomasse solide pour toutes les installations inférieures à 50 MW pour toute la série temporelle 1990-2021 suite à la distinction des FE par puissance d'installation : impact principalement sur 1990-2001 où le FE passe de 132 à 145 g/GJ.
TSP (et PM)	Pas de changement particulier sur les FEs, les recalculs sont dus à la variation du mix énergétique.
Métaux lourds	Mise à jour de la méthodologie pour la combustion de biomasse avec distinction des FE pour les grandes installations de combustion (GIC). Changements importants notamment pour Cr, Cu, Pb et Zn.
Tous les autres polluants	Pas de changement particulier sur les FEs, les recalculs sont dus à la variation du mix énergétique.
<b>1A2a - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Iron and steel</b>	
Données d'activité	<p>Voir section « 1A2 - Stationary combustion in manufacturing industries and construction (excluding 1A2gvii): observations générales pour la combustion de combustibles sans contact dans les chaudières, turbines ou moteurs » pour les tendances générales et les modifications de FEs.</p> <p>Fonderies de fonte grise : Mise à jour de la production de fonte pour l'année 2021 à partir de données issues de la profession.</p>
Tout polluant	Autres ateliers sidérurgiques : pour les années 2010 et 2011, correction des productions de deux sites au four électrique, sur lesquelles sont calculées un ratio de production avec l'acier en aciérie intégrée, servant au calcul des consommations pour l'estimation des émissions.
PM10, PM2.5, PM1.0	Autres ateliers sidérurgiques : alignement de la granulométrie des PM par combustible sur les facteurs nationaux sur toute la série temporelle
SO <sub>2</sub>	<p>Autres ateliers (production de fonte et d'acier) : modification du FE SO<sub>2</sub> pour le charbon en 2021 et pour le fioul lourd en 2018.</p> <p>Production de fonte grise : modification du FE SO<sub>2</sub> pour le charbon pour l'année 2021</p>

<b>1A2b - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-ferrous metals</b>	
Voir section « 1A2 - Stationary combustion in manufacturing industries and construction (excluding 1A2gvii): observations générales pour la combustion de combustibles sans contact dans les chaudières, turbines ou moteurs » pour les tendances générales et les modifications de FEs. Il n'y a pas de recalculs pour les sections Production de cuivre et Production de magnésium. Production de zinc de première fusion : pas de recalcul Production de zinc de deuxième fusion : Réduction historique des émissions de CO suite à la mise à jour du facteur d'émission du CO pour le coke de pétrole. Production de plomb de première fusion : non concerné. Production de plomb de seconde fusion : Réduction historique des émissions de CO suite à la mise à jour du facteur d'émission de 40 g/GJ au lieu de 200 g/GJ.	
<b>1A2c - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Chemicals</b>	
Voir section « 1A2 - Stationary combustion in manufacturing industries and construction (excluding 1A2gvii): observations générales pour la combustion de combustibles sans contact dans les chaudières, turbines ou moteurs » pour tendances générales et les modifications de FEs.  Les consommations liées à la consommation énergétique de gaz naturel dans les fours de production de HCN ont été transférées dans le NFR 2B10, suite au transfert des émissions de CO <sub>2</sub> conformément aux lignes directrices du GIEC.	
<b>1A2d - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Pulp, Paper and Print</b>	
Voir section « 1A2 - Stationary combustion in manufacturing industries and construction (excluding 1A2gvii): observations générales pour la combustion de combustibles sans contact dans les chaudières, turbines ou moteurs » pour les tendances générales et les modifications de FEs.	
<b>1A2e - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Food processing, beverages and tobacco</b>	
Données d'activité	Voir section « 1A2 - Stationary combustion in manufacturing industries and construction (excluding 1A2gvii): observations générales pour la combustion de combustibles sans contact dans les chaudières, turbines ou moteurs » pour les tendances générales et les modifications de FEs.
NO <sub>x</sub>	Déshydratation : mise à jour des facteurs d'émission pour le bois et assimilés (biomasse), les déchets de bois pour toute la série temporelle
As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn	Déshydratation : Mise à jour de facteurs d'émission pour le coke de houille, huiles usagées biomasse et le gaz naturel.
<b>1A2f - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-metallic minerals</b>	
Données d'activité	Voir section « 1A2 - Stationary combustion in manufacturing industries and construction (excluding 1A2gvii) : observations générales pour la combustion de combustibles sans contact dans les chaudières, turbines ou moteurs » pour les tendances générales et les modifications de FEs.  Verre : mise à jour de la production [2021] pour la fibre de verre (impact sur les émissions)
SO <sub>2</sub>	Verre : mise à jour des émissions [2021] pour un site de verre creux et [2019-2021] pour un site de verre technique.

CO	Verre : mise à jour des émissions [2021] pour la fibre de verre suite à la mise à jour de la production
Cr	Verre : mise à jour des émissions [2021] pour la fibre de verre suite à la mise à jour de la production
Cd	Verre : mise à jour des émissions [2021] pour la fibre de verre suite à la mise à jour de la production
Cu	Verre : mise à jour des émissions [2021] pour la fibre de verre suite à la mise à jour de la production
Hg	Verre : mise à jour des émissions [2021] pour la fibre de verre suite à la mise à jour de la production
Ni	Verre : mise à jour des émissions [2021] pour la fibre de verre suite à la mise à jour de la production
Pb	Verre : mise à jour des émissions [2021] pour la fibre de verre suite à la mise à jour de la production
1A2gvii - Mobile Combustion in manufacturing industries and construction	
Tous les polluants	<p>Pour le secteur du BTP, les consommations de diesel et biodiesel ont été revues à la baisse pour 2011-2021 (entre -15 à -50 kt de combustible, selon les années) suite à la mise à jour du bilan de l'énergie. De plus, le taux d'incorporation d'agro-carburant a été révisé pour toute la période 2011-2021 (légèrement à la baisse pour 2011-2019 et à la hausse pour 2020-2021), modifiant ainsi les estimations des consommations de biodiesel.</p> <p>Pour les autres secteurs, les données sources provenant des enquêtes EACEI, permettant le recalcul des consommations de diesel et GPL dans les engins mobiles, ont été révisées pour 2021. De plus, les taux d'incorporation de biocarburants ont également été modifiés comme décrit ci-dessus.</p> <p>Enfin, pour tous les secteurs, les facteurs d'émission de la combustion mobile de diesel et biodiesel ont été révisés à la hausse (impact que sur 2011-2021).</p>
1A2gviii - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Other	
Données d'activité	Voir section « 1A2 - Stationary combustion in manufacturing industries and construction (excluding 1A2gvii): observations générales pour la combustion de combustibles sans contact dans les chaudières, turbines ou moteurs » pour les tendances générales et les modifications de FEs.
SO <sub>2</sub>	Pour le secteur des enrobés, le facteur d'émission pour le fioul lourd est mis à jour pour la série 2017-2021

### 3.3.6 Améliorations envisagées

#### 3.3.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pour les sources mobiles, un affinement du parc d'engins mobiles non routier (EMNR) sur toute la série (à l'heure actuelle, le parc est considéré constant par manque de données) est envisagé.

Une mise à jour des facteurs d'émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et CO dans le secteur de la production de fonte grise est envisagée.

Pour la fabrication d'acier, une revue de la cohérence de l'allocation des émissions vis-à-vis des lignes directrices EMEP/EEA 2019 est à l'étude (notamment pour le CO).

Pour la production du cuivre, la réévaluation de la production actuelle de cuivre de première et de deuxième fusion est envisagée.

Pour la production du magnésium, une revue des sources et des émissions de CO est envisagée si des facteurs d'émission cohérents sont identifiés.

Pour la déshydratation, une revue de la cohérence des données d'entrée de consommation de combustible est envisagée.

### 3.4 Transports (NFR 1A3)

Le secteur intègre les sources mobiles des différents modes de transport : aérien (1.A.3.a.), routier (1.A.3.b.), ferroviaire (1.A.3.c.), maritime et fluvial (1.A.3.d.), ainsi que les sources fixes liées aux stations de compression (1.A.3.e.i). Les secteurs suivants sont rapportés dans d'autres secteurs de l'inventaire : 1.A.2.g.v.ii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b.ii, 1.A.4.c.ii, 1.A.4.c.iii, 1.A.5.b (cf. Tableau 57), car il s'agit d'engins mobiles non routier et d'engins militaires.

Les émissions du transport sont issues d'une part de la combustion des combustibles mais aussi de l'évaporation de l'essence et des abrasions (freins, pneus, route, caténaies, etc.). Les émissions sont distinguées par type de motorisation (par exemple Diesel, Essence, GPL, GNV ou électrique).

Seule une partie des émissions du secteur est prise en compte dans les émissions totales nationales en fonction de deux périmètres d'activité (les autres sont rapportées hors total national pour information, c.f. Tableau 57 et Tableau 58) :

- Trafic domestique : défini par les liaisons entre deux points situés dans le pays considéré, en l'occurrence la France métropolitaine ;
- Trafic international : défini par liaisons entre deux points, l'un en France l'autre à l'étranger.

Les émissions atmosphériques du transport sont une conséquence de la demande, elle-même liée majoritairement à la démographie, aux politiques publiques (e.g. report modal et prime à la conversion des véhicules), à l'évolution du prix des carburants et au contexte économique. Ceci a un effet combiné et associé avec le renouvellement du parc (plus ou moins important selon le mode de transport).

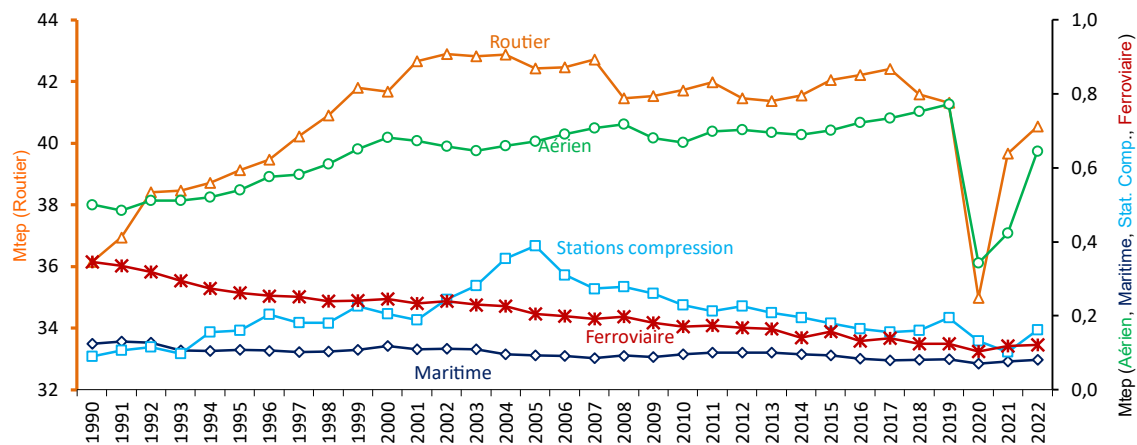
Les émissions de polluants atmosphériques de l'ensemble des transports ont essentiellement diminué la dernière décennie grâce au renouvellement du parc des véhicules routiers.

#### 3.4.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 3.4.1 Main features

Parmi tous les modes de transports, le transport routier (1.A.3.b.) est le plus important consommateur d'énergie. Il représente à lui seul 97,6% de la consommation du secteur du transport en 2022.

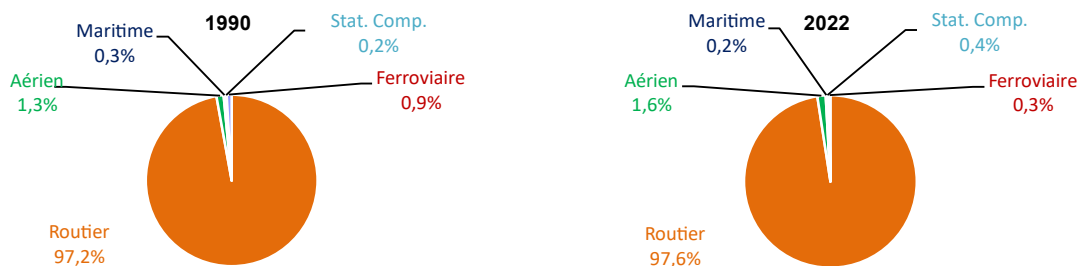
Figure 52 : Consommation des différents modes de transports sur la période 1980 - 2022 et répartition en 2022 (y compris agro-carburants).



Source Citepa / format CEE-NU - Mars 2024

transports\_ceenu.xlsx/Transport

INVENTAIRE DES EMISSIONS DANS L'AIR EN FRANCE - FORMAT CEE-NU



Source Citepa / format CEE-NU - Mars 2024

transports\_ceenu.xlsx/Transport

Source Citepa / format CEE-NU - Mars 2024

transports\_ceenu.xlsx/Transport

Tableau 57 : Méthodologie pour le calcul des émissions des sources mobiles (Table IV 1 F4)

Code NFR	Description	Ventes	Consommations	Commentaire
1.A.2.g.v.ii	Engins mobiles non routiers de l'industrie et du BTP	X		Cf. 1.A.2.
1.A.3.a.i (i)	Aviation / International (LTO)		X	
1.A.3.a.i (ii)	Aviation / International (Croisière)	X		Solde des ventes totales françaises de carburants défalquées des consommations calculées pour les autres postes de l'aviation.
1.A.3.a.ii (i)	Aviation / Domestique (LTO)		X	
1.A.3.a.ii (ii)	Aviation / Domestique (Croisière)		X	
1.A.3.b	Transport routier	X		
1.A.3.c	Transport ferroviaire		X	
1.A.3.d.i (i)	Navigation maritime internationale	X		
1.A.3.d.i (ii)	Trafic fluvial international	X		
1.A.3.d.ii	Navigation nationale	X		
1.A.4.a.ii	Engins mobiles non routiers du tertiaire	IE	IE	Cf. 1.A.4.
1.A.4.b.ii	Engins mobiles non routiers du résidentiel		X	Cf. 1.A.4.
1.A.4.c.ii	Engins mobiles non routiers de l'agriculture	X		Cf. 1.A.4.
1.A.4.c.iii	Pêche nationale	X		Cf. 1.A.4.
1.A.5.b	Autres engins mobiles (militaire)	IE	IE	Cf. 1.A.5.

Rapportage des émissions pour les sources mobiles

Les différents postes de l'aviation et de la navigation sont soumis à un rapportage particulier. Le tableau ci-dessous fait le point sur les postes inclus ou non dans les différents totaux nationaux selon les lignes directrices ECE/EB.AIR/125 Advanced version. A noter que dans le cadre du format CEE-NU, les secteurs exclus du total national sont néanmoins rapportés dans les rubriques « pour mémoire » des tableaux NFR.

Tableau 58 : Secteurs de l'aviation et de la navigation inclus ou non dans les totaux nationaux dans le format CEE-NU/NEC

Secteur		Inclus dans le total national	Commentaires
Aviation / International (LTO)	1.A.3.a.i(i)	Oui	
Aviation / International (Croisière)	1.A.3.a.i(ii)	Non	Rapportés dans les rubriques « pour mémoire »
Aviation / Domestique (LTO)	1.A.3.a.ii(i)	Oui	
Aviation / Domestique (Croisière)	1.A.3.a.ii(ii)	Non	Rapportés dans les rubriques « pour mémoire »
Navigation maritime internationale	1.A.3.d.i(i)	Non	Rapportés dans les rubriques « pour mémoire »
Trafic fluvial international	1.A.3.d.i(ii)	Oui	
Navigation nationale	1.A.3.d.ii	Oui	

### 3.4.1.1. Transport aérien (NFR 1A3a)

#### 3.4.1.1 International & domestic aviation (civil)

Le secteur 1.A.3.a. est une catégorie-clé en 2022, en niveau, pour le plomb.

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Pb	5	4,3%	-	-

Le transport aérien est à l'origine d'émissions de diverses substances dans l'atmosphère. Ces dernières sont constituées schématiquement par :

- Les rejets lors de la combustion de carburants par les équipements de propulsion ou de servitude (par exemple les APU). Les engins militaires sont exclus pour des raisons de confidentialité. L'ensemble de l'activité militaire est inclus dans les sources institutionnelles (1.A.4),
- Les émissions connexes attachées aux aéronefs (usure des pneumatiques, des freins, érosion des pistes, etc.),
- Les émissions liées aux activités environnantes telles que : engins de piste, trafic routier induit, servitudes aéroports (chaufferie, restauration, entretien espaces verts, etc.). Ces sources sont généralement incluses dans les activités de même nature à une échelle plus générale (par exemple trafic routier, combustion, etc.). C'est pourquoi, cette catégorie n'est pas traitée dans cette section. Au niveau de la plateforme aéroportuaire, elles sont d'importance variable selon la taille du site. Il est parfois justifié de les appréhender spécifiquement. Le lecteur se reportera éventuellement au guide méthodologique développé par le Citepa [697].

Contrairement à la plupart des autres sources, les aéronefs se caractérisent par :

- Une altitude de rejet dans un domaine beaucoup plus étendu et variable au cours du vol, comprise entre le sol et plus de 10 000 m,
- Une localisation des rejets très étendue située dans des pays différents pour un même aéronef en vol international.

Par suite, en application des règles convenues dans le cadre des conventions internationales mais également de la particularité de la répartition du territoire français hors Europe ainsi que de la variabilité des caractéristiques de fonctionnement des aéronefs au cours des différentes phases de vol, il est nécessaire de décomposer le trafic aérien en sous-ensembles relatifs :



- A la phase de vol, dite « LTO (Landing and Take Off) », située au-dessous 3 000 pieds (914 m, souvent arrondi à 1 000 m),
- A la phase de vol, dite « croisière », au-dessus de 3 000 pieds (914 m souvent arrondi à 1 000 m).

Chacun de ces deux sous-ensembles est lui-même partagé en :

- Trafic domestique ou intérieur (liaisons entre deux points situés dans le pays considéré, en l'occurrence la France),
- Trafic international (liaisons entre deux points, l'un en France l'autre à l'étranger) pour la contribution relative aux ventes de carburant sur le territoire national.

La combinaison de ces deux critères, conduit à définir quatre catégories qui sont diversement prises en compte dans les inventaires :

	Trafic < 1 000 m (LTO)	Trafic > 1 000 m (croisière)
<b>Liaisons domestiques</b>	<i>SNAP 08.05.01</i>	<i>SNAP 08.05.03</i>
	dans le total CEE-NU/NEC <sup>10</sup> (1.A.3.a.ii(i).)	hors total CEE-NU/NEC (1.A.3.a.ii(ii).)
<b>Liaisons internationales</b>	<i>SNAP 08.05.02</i>	<i>SNAP 08.05.04</i>
	dans le total CEE-NU/NEC <sup>10</sup> (1.A.3.a.i(i).)	hors total CEE-NU/NEC (1.A.3.a.i(ii).)

### Le cycle LTO

La partie du vol au-dessous de 3 000 pieds correspond aux phases de décollage et d'atterrissage des avions. Elle comprend plusieurs phases :

- L'approche (de 3 000 pieds au sol),
- Le roulage sur la piste (après l'atterrissage et avant le décollage),
- Le parking,
- Le décollage,
- La montée (jusqu'à 3 000 pieds).

Les émissions dépendent de la durée de chacune de ces phases (elle-même variable selon les aéroports et les couples avion x moteur) et des caractéristiques des aéronefs (notamment du couple avion x moteur et des conditions d'exploitation).

Les émissions des APU (« Auxiliary Power Unit ») sont estimées et incluses dans les émissions LTO. L'APU est un petit turboréacteur embarqué, qui permet à l'avion d'être autonome en escale pour l'air et l'électricité.

### La croisière

La partie du vol au-dessus de 3 000 pieds dite « croisière » comporte :

- La montée (de 3 000 pieds à l'altitude de croisière),
- La croisière stabilisée (partie du vol à altitude stabilisée),
- La descente (de l'altitude de croisière à 3 000 pieds).

Les émissions dépendent de la durée de chacune de ces phases (elle-même variable selon les types d'avions) et des caractéristiques des aéronefs (selon les types d'avions et les conditions d'exploitation).

<sup>10</sup> Format utilisé dans le cadre de la directive sur les plafonds d'émission nationaux (National Emission Ceilings)

### Données caractéristiques du trafic

Les données relatives aux mouvements des aéronefs sont recensées par la DGAC [127, 131, 132, 1137]. Ces données correspondent aux vols commerciaux et non commerciaux. Le temps de « taxi » est déterminé pour chaque aéroport, lorsque ces données sont disponibles dans les bases de la DGAC. En l'absence d'information, des données moyennes des années disponibles sont appliquées. Les aéroports pour lesquels aucune information n'est disponible se voient appliquer des temps forfaitaires et sont regroupés selon les classes suivantes :

- Roissy et Orly,
- Les 11 aéroports français dont les trafics commerciaux (en nombre de mouvements) sont les plus importants après Roissy et Orly : Ajaccio, Bâle-Mulhouse, Bordeaux-Aquitaine, Lille-Lesquin, Lyon-Satolas, Marseille-Provence, Montpellier-Méditerranée, Nantes-Atlantique, Nice-Côte d'Azur, Strasbourg-Entzheim, Toulouse-Blagnac,
- Les autres aéroports français,
- Les aéroports internationaux étrangers.

Les informations sur la motorisation des aéronefs et les consommations associées proviennent de différentes sources [903, 127, 128, 129, 130]. Certaines assimilations sont opérées en cas d'information manquante ou de multiples motorisations.

Le partage des liaisons entre métropole et l'Outre-mer (avec distinction des Territoires inclus dans l'Union Européenne -UE- ou non) est effectué en retenant l'hypothèse du partage pour moitié des liaisons respectives entre ces trois ensembles.

### Données statistiques de consommation

Les données de ventes de carburants à usage de l'aviation [14] sont disponibles et permettent d'assurer un bouclage sur les consommations totales de carburants avions. Pour les territoires d'Outre-mer inclus ou non dans l'UE, c'est le bilan de l'énergie compilé par le Citepa qui est utilisé [666].

La consommation relative à la croisière internationale de la Métropole ( $Conso_{CR,Int,MT}$ ) est bornée par le solde obtenu entre le total des ventes françaises ( $VENTES_{MT+OM}$ ) diminué des consommations déterminées pour les cycles LTO des vols domestiques et internationaux pour la Métropole et l'Outre-Mer ( $Conso_{LTO,Dom,MT}$ ,  $Conso_{LTO,Dom,OM}$ ,  $Conso_{LTO,Int,MT}$ ,  $Conso_{LTO,Int,OM}$ ) ainsi que pour les croisières des vols domestiques pour la Métropole et l'Outre-Mer ( $Conso_{CR,Dom,MT}$ ,  $Conso_{CR,Dom,OM}$ ) et la croisière internationale pour Outre-mer ( $Conso_{CR,Int,OM}$ ).

$$Conso_{CR,Int,MT} = \left| \begin{array}{l} VENTES_{MT+OM} \\ -Conso_{LTO,Dom,MT} - Conso_{LTO,Dom,OM} \\ -Conso_{LTO,Int,MT} - Conso_{LTO,Int,OM} \\ -Conso_{CR,Dom,MT} - Conso_{CR,Dom,OM} \\ -Conso_{CR,Int,OM} \end{array} \right.$$

Toutes les consommations à droite du signe égal de l'équation ci-dessus sont calculées à partir du modèle développé par le Citepa avec la DGAC (TarMaac). Le bouclage n'est pas fait séparément pour la métropole et pour chaque territoire d'outre-mer, car pour ces derniers, il peut exister pour certaines années, en fonction de données économiques, des effets de bunkering (i.e. les avions font une escale pour simplement faire le plein dans un pays étranger au cours d'un vol domestique).

En 2020, la crise sanitaire du Covid-19 a eu un impact sur le trafic et toutes les émissions, à des degrés différents suivant les polluants et les périmètres. Depuis 2021, les consommations sont réparties à la hausse, cependant on reste en dessous des niveaux d'avant la crise sanitaire.

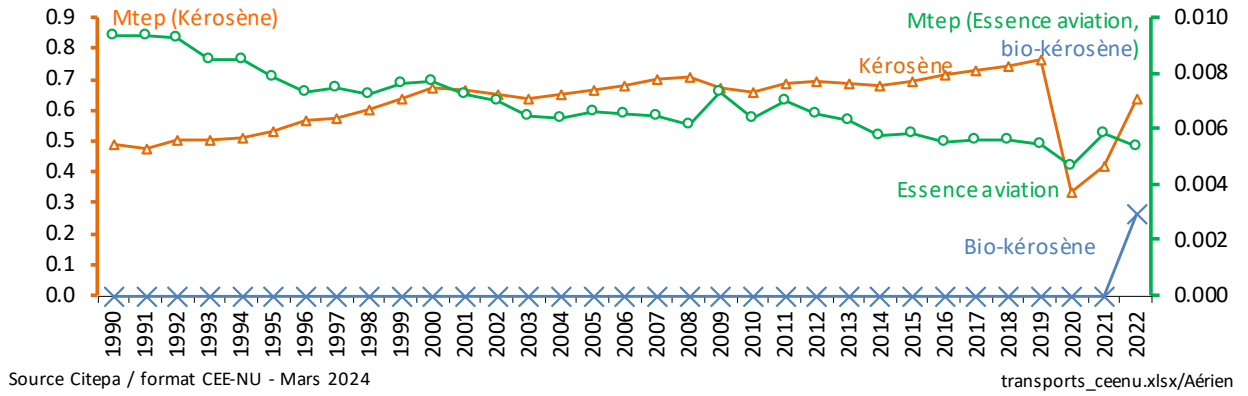


Figure 53 : Consommation de kérosène, de bio-kérosène et d'essence aviation de cycle LTO de l'aviation civile

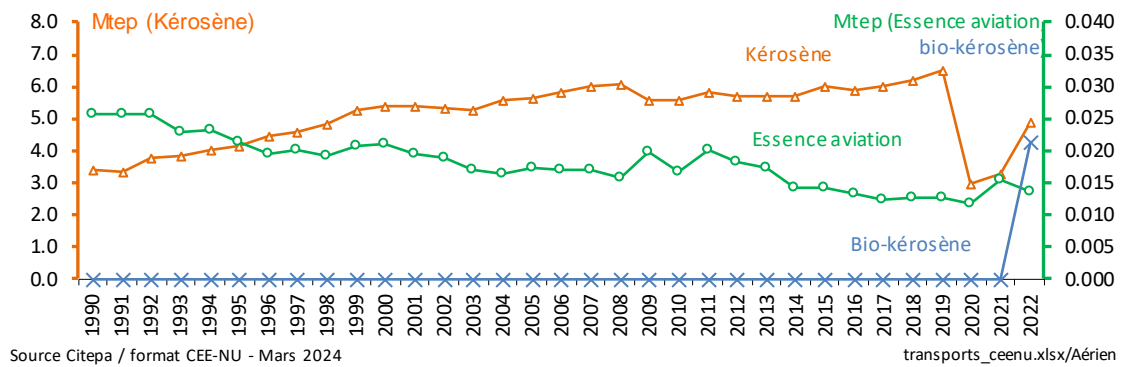


Figure 54 : Consommation de kérosène, de bio-kérosène et d'essence aviation de la croisière de l'aviation civile (hors total national)

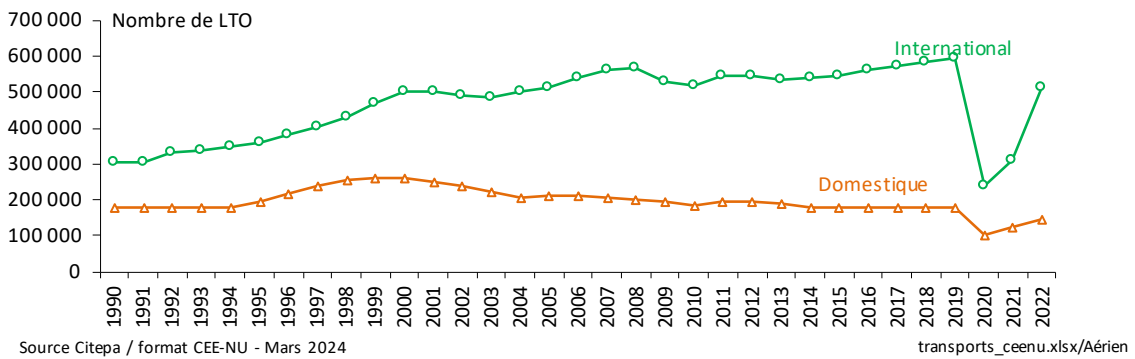


Figure 55 : Nombre de mouvements du cycle LTO de l'aviation civile

Les figures suivantes présentent l'évolution du nombre de passagers dans le trafic domestique et dans le trafic international. Les trafics domestique et international sont en augmentation par rapport à 2020, cependant à des niveaux inférieurs à ceux d'avant 2020.

INVENTAIRE DES EMISSIONS DANS L'AIR EN FRANCE - FORMAT CEE-NU

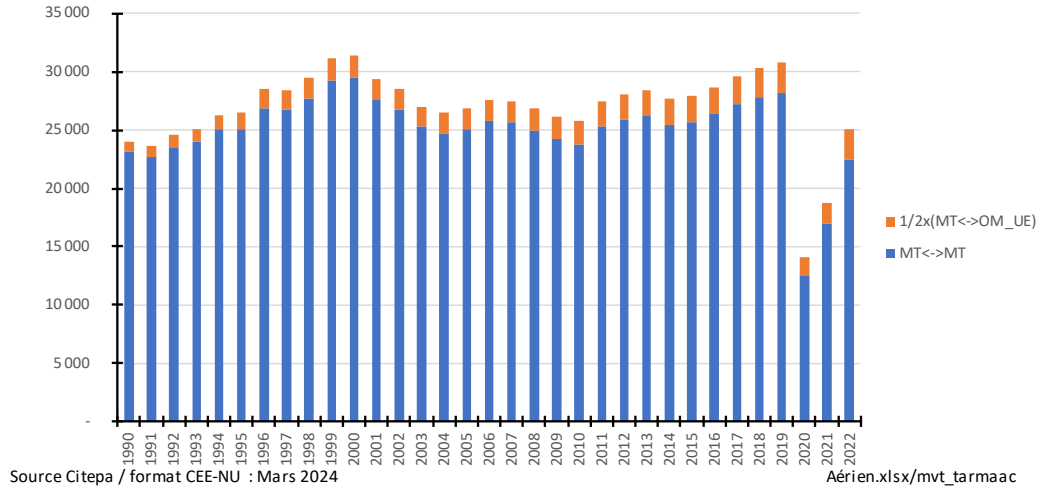


Figure 56 : Trafic domestique en millions de passagers.km équivalents (MT : Métropole et OM\_UE : Outre-mer (UE))

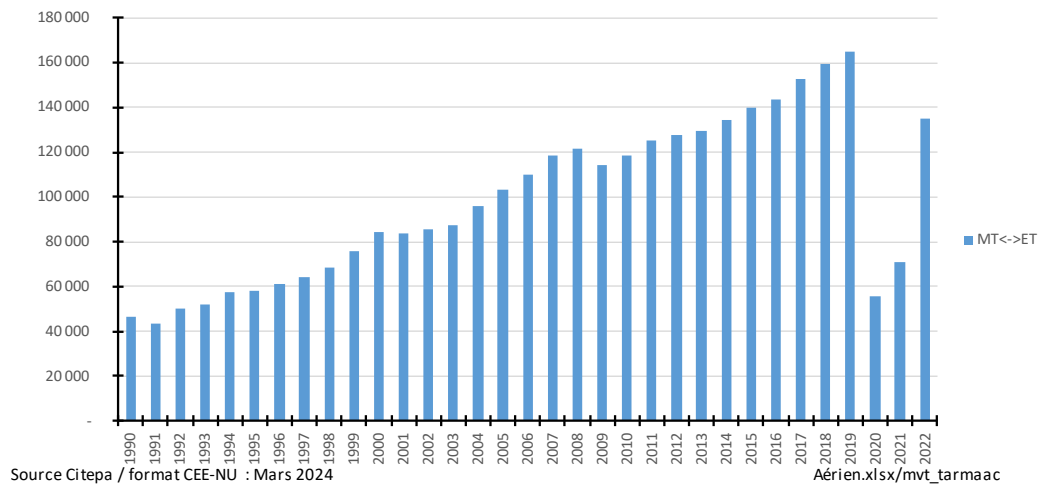


Figure 57 : Trafic international en millions de passagers.km équivalents

## 3.4.1.2. Transport routier (NFR 1A3b)

## 3.4.1.2 Road transport

Le secteur 1.A.3.b. est une catégorie-clé pour de nombreuses substances en niveau et en évolution en 2022.

Tableau 59 : Polluants pour lesquels le secteur 1.A.3.b est source clé en 2022

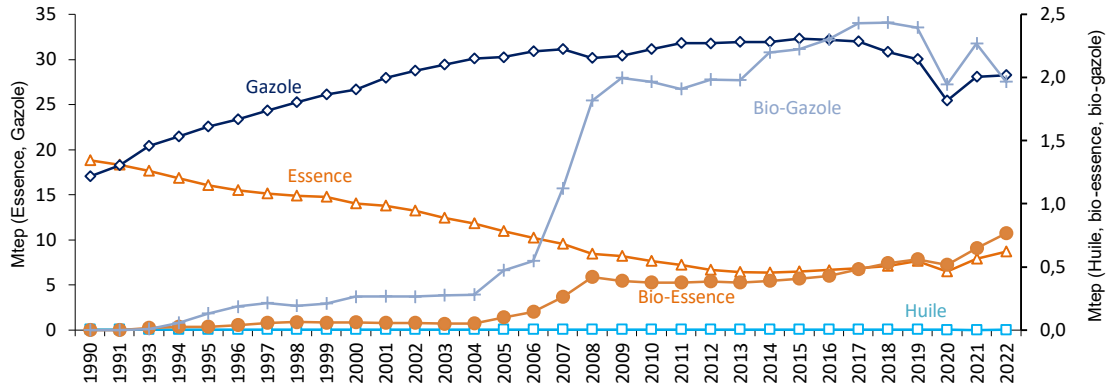
	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	1	43,6%	1	42,5%
COVNM/NMVOCS	-	-	1	44,1%
SO <sub>2</sub>	-	-	5	4,3%
PM <sub>2,5</sub>	2	8,9%	2	16,6%
PM <sub>10</sub>	4	8,8%	2	13,8%
TSP	-	-	3	10,1%
BC	2	22,1%	1	45,1%
CO	4	9,5%	1	67,6%
Pb	1	37,9%	1	91,6%
Cd	7	5,7%	-	-
Hg	3	9,6%	-	-
As	1	30,8%	-	-
Cr	1	40,0%	-	-
Cu	1	53,7%	1	45,2%
Ni	3	10,4%	-	-
Zn	1	44,3%	-	-
PCDD/F	3	8,2%	-	-
HAP / HAPs	2	6,3%	-	-

Les émissions associées aux transports routiers sont liées à plusieurs types de phénomènes qui peuvent être classés dans ces trois grandes catégories :

- Les émissions liées à la combustion et son post-traitement,
- Les émissions liées à l'évaporation des carburants et aux fuites des climatisations
  - L'évaporation de composés organiques volatils (COV) contenus dans les carburants tant lors du fonctionnement qu'à l'arrêt du véhicule,
  - Les fuites de fluides frigorigènes utilisés pour la climatisation.
- Les émissions liées à l'abrasion
  - L'abrasion mécanique de divers organes des véhicules (freins, pneumatiques),
  - L'usure du revêtement routier.

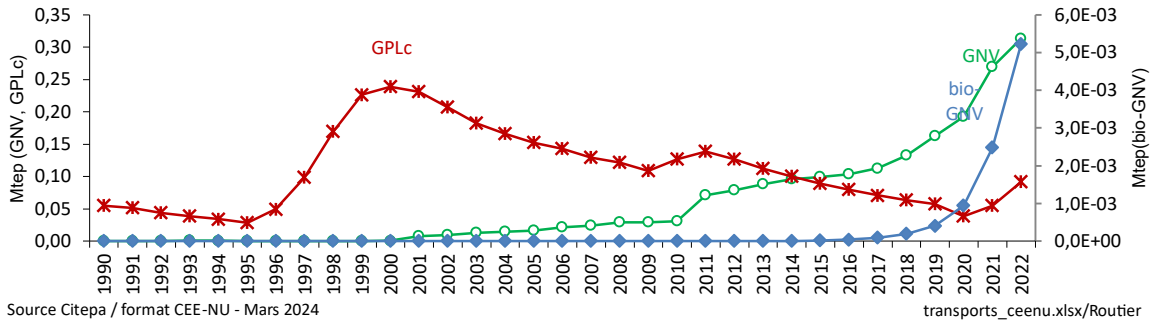
La Figure 58 et la Figure 59 montrent respectivement l'évolution des consommations des carburants du routier et les taux d'incorporation d'agro-carburants. L'augmentation de la consommation de gazole jusqu'en 2015, au détriment de la consommation d'essence, est liée à la diésélisation du parc de véhicules particuliers (Figure 60) qui a atteint son maximum en 2015 (65% sur l'ensemble de la Métropole et de l'Outre-mer). Depuis 2015, la proportion de véhicules essence et à carburation alternative dans le parc augmente, ce qui provoque une diminution des consommations globales des combustibles depuis 2017.

## INVENTAIRE DES EMISSIONS DANS L'AIR EN FRANCE - FORMAT CEE-NU



Source Citepa / format CEE-NU - Mars 2024

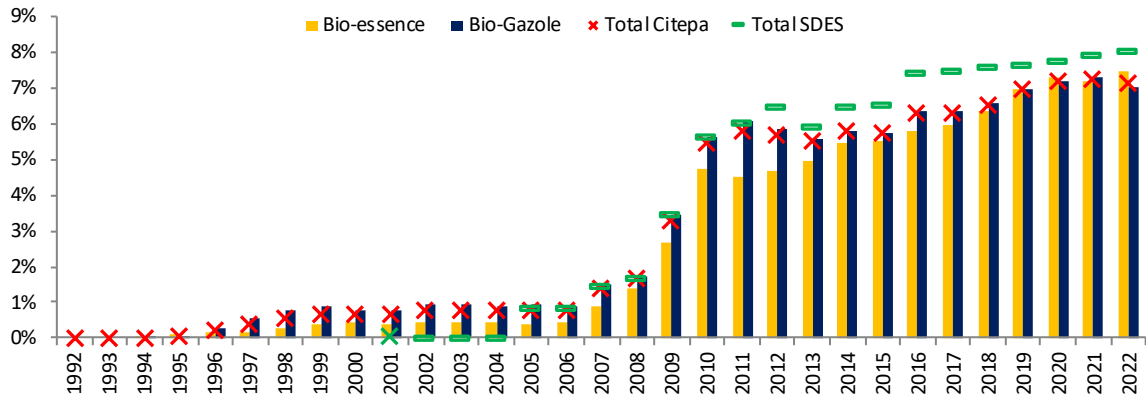
transports\_ceenu.xlsx/Routier



Source Citepa / format CEE-NU - Mars 2024

transports\_ceenu.xlsx/Routier

**Figure 58 : Consommation des différents combustibles du transport routier**



Source Citepa / format OMINEA - février 2024

Routier\_OMINEA.xlsx / Agrocarburants.gr

**Figure 59 : Taux d'incorporation d'agro-carburants en France métropolitaine**

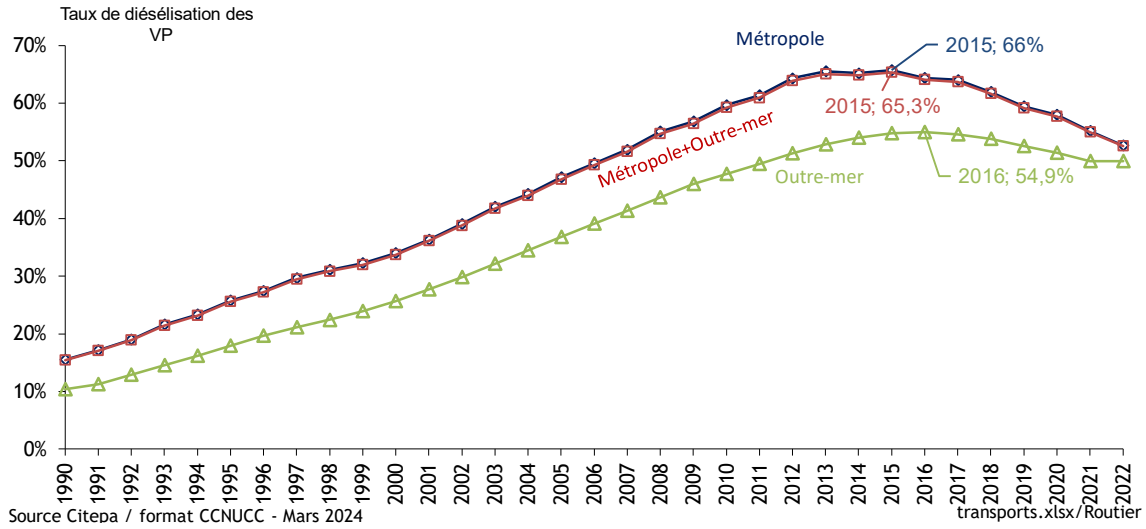


Figure 60 : Taux de désésélisation du parc des véhicules particuliers en France métropolitaine et sur tout le territoire national.

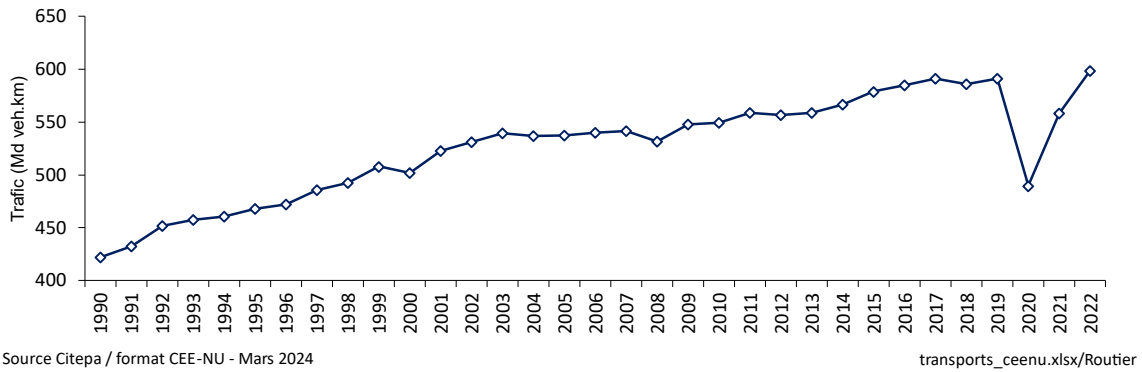


Figure 61 : Trafic (tous véhicules) en France Métropolitaine.

Le trafic augmente régulièrement depuis le début des années 1990. En 2020, la crise sanitaire du Covid-19 a eu un impact important sur le trafic qui chute drastiquement. En 2022, le trafic reprend la tendance à la croissance avec une augmentation de 1,3% par rapport à 2019.

### 3.4.1.3. Transport ferroviaire (NFR 1A3c)

#### 3.4.1.3 Railways

Le secteur 1.A.3.c. est une catégorie-clé en niveau pour le Cu en 2022 (3<sup>ème</sup> contributeur à 19% du total national).

Deux sources d'émissions sont différenciées : les émissions issues de la combustion et les émissions provenant de l'usure des freins, rails, roues et caténaies.

En ce qui concerne les émissions liées à la combustion, seuls les modes de tractions à motorisation diesel, à savoir les locomotives, les autorails et les locotracteurs sont considérés. La traction électrique est supposée ne pas émettre de polluants liés à l'utilisation de l'énergie, les émissions liées à la production d'électricité étant comptabilisées au lieu de la production. Depuis 2011, le gazole non-routier (GNR) remplace le gazole dans le ferroviaire qui lui-même a remplacé le fioul domestique en 2006.

Le GNR (à partir de 2011) et le gazole (entre 2006 et 2011) ont permis l'incorporation d'agro-carburants. Le GNR et le gazole sont les mêmes produits, seule la taxation change et ils ne sont pas destinés aux mêmes véhicules.

Le transport ferroviaire n'a lieu qu'en métropole.

Tous les types de véhicules (électriques et diesel) sont considérés pour les émissions dues à l'usure du matériel.

Cette section couvre les émissions du transport ferroviaire de voyageurs et de marchandises. Les émissions des sources fixes (gares, locaux, etc.) ne sont pas considérées ici mais dans le secteur résidentiel/tertiaire.

Alors qu'elle était de 39% en 1990, la consommation d'énergie des tractions diesel représente désormais moins de 19% de la consommation totale d'énergie de la traction ferroviaire.

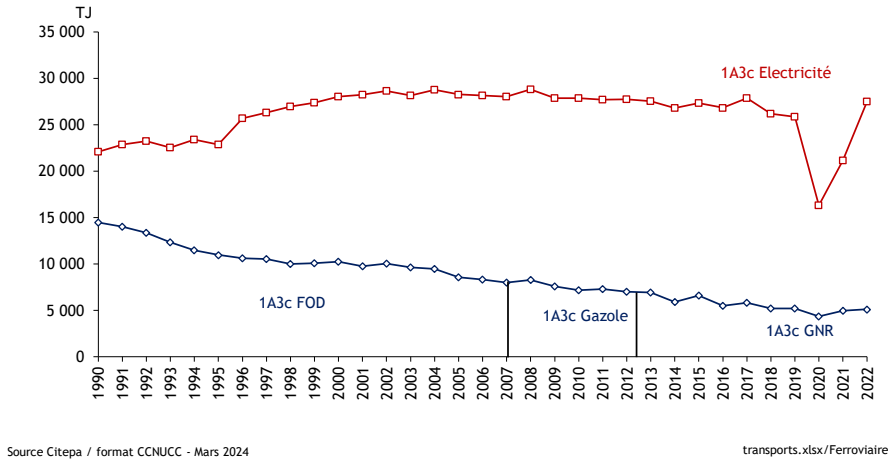


Figure 62 : Consommations d'énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine

La baisse des consommations et des émissions est décorrélée des trafics car les engins à propulsion diesel sont remplacés par des engins à propulsion électrique.

En 2020, la crise sanitaire du Covid-19 a eu un impact sur le trafic et toutes les émissions, à des degrés différents. En 2021, le trafic et les consommations reprennent par rapport à 2020 sans pour autant atteindre le niveau de 2019.

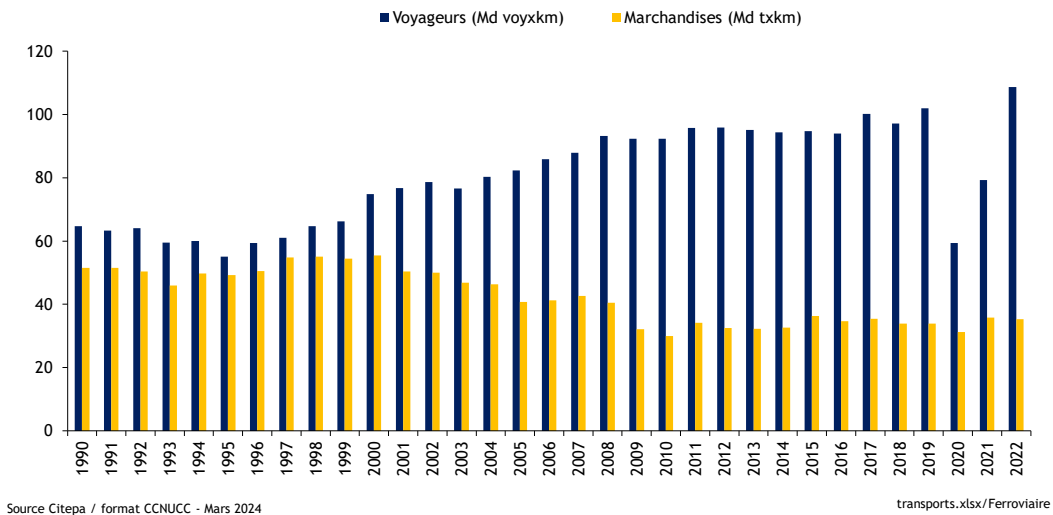


Figure 63 : Trafics ferroviaires de passagers (en Milliard de voyageurs x kilomètres) et de marchandises (en Milliard de tonnes x kilomètres)



### 3.4.1.4. Transport maritime et par voies navigables (NFR 1A3d)

#### 3.4.1.4 *Inland waterways & national navigation (shipping)*

Le secteur 1.A.3.d. n'est pas une catégorie-clé en 2022, ni en niveau, ni en évolution.

Cette catégorie regroupe les émissions de la combustion de différentes activités :

- le transport des biens et des personnes par voie maritime entre 2 ports français, ainsi que l'usage des bateaux de plaisance (bateaux équipés de moteurs auxiliaires, bateaux à moteurs pour l'usage professionnel, bateaux de plaisance maritimes et fluviaux),
- le transport de marchandises sur les voies navigables intérieures (fleuves, canaux, etc.).

#### Transport maritime

L'utilisation de combustibles fossiles dans les équipements de propulsion des navires engendre comme tout phénomène de combustion des émissions dans l'atmosphère. Les éventuelles émissions liées à d'autres phénomènes (fuites diverses au remplissage et au chargement de produits solides, liquides ou gazeux, des systèmes frigorifiques, etc.) ne sont pas prises en compte faute d'informations.

En application des règles convenues dans le cadre des conventions internationales mais également de la particularité de la répartition du territoire français hors Europe, il est nécessaire de décomposer le trafic maritime en sous-ensembles relatifs :

- Au trafic domestique, liaisons entre deux ports d'un même pays ;
- Au trafic international, liaisons entre deux ports dont l'un est situé dans un pays étranger.

Le pavillon, la nationalité de l'armateur, etc. ne sont pas des critères déterminants du pays auquel les émissions sont affectées.

L'activité de transport maritime est caractérisée par la consommation de combustibles. Bien que cette dernière diffère selon le type de navire, sa jauge et les diverses phases de navigation (croisière, approche/départ, stationnement dans les ports), les inventaires nationaux s'appuient actuellement sur la consommation totale de combustibles. Une distinction plus fine selon les paramètres cités ci-dessus est certainement plus pertinente vis-à-vis des émissions d'une zone particulière telle qu'un port, un estuaire, une liaison, etc.

Le CPDP [14] communique chaque année les consommations pour la métropole de diesel marine léger [DML] et de fioul lourd [FOL] des soutes françaises et internationales. La même référence renseigne globalement les soutes pour l'Outre-mer y compris les COM (pas de distinguo national/international). Il est utile de rappeler que :

- Les soutes n'incluent pas les avitaillements sous douane destinés aux bateaux de pêche, aux caboteurs ainsi qu'aux engins et matériels flottants ;
- La distinction entre les soutes françaises et internationales est établie en fonction du pavillon du navire, sachant que les navires étrangers autorisés à transporter pour le compte d'affréteurs français sont pris en compte avec les soutes françaises.

La répartition du trafic entre liaisons nationales et internationales est complexe à établir car les données existantes ne permettent pas d'en faire durablement la distinction. L'absence de données détaillées concernant la part des ventes des soutes maritimes affectée au trafic domestique au regard de celles affectées au trafic international est palliée par l'hypothèse d'une répartition inchangée, établie selon une procédure de type bottom-up décrite ci-après pour l'année de référence 2005.

*Procédure bottom-up pour l'année de référence 2005 de discernement des ventes relatives au trafic maritime domestique et trafic maritime international*

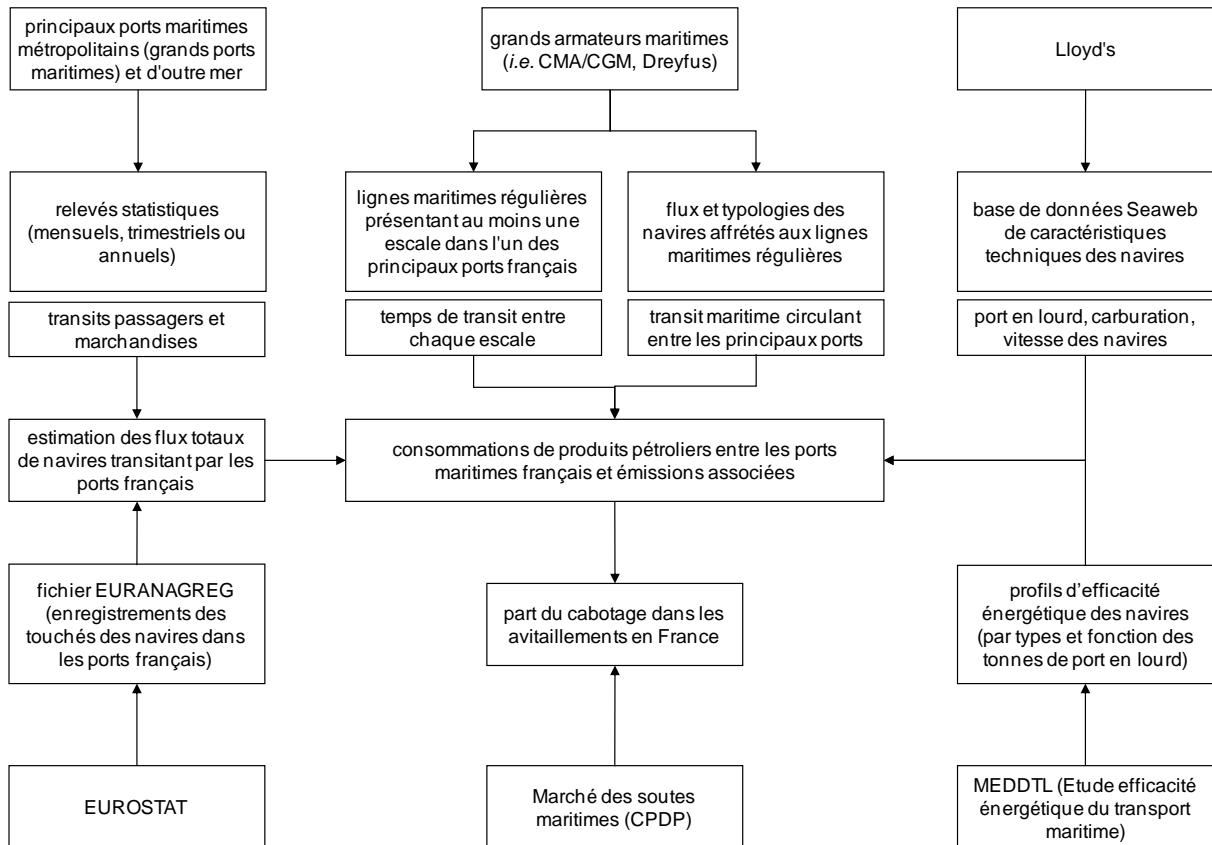
En principe deux composantes contribuent aux émissions de la navigation maritime domestique :

- La part des « soutes maritimes françaises » (c'est-à-dire des pavillons français) dont les consommations de carburant correspondent à des liaisons entre deux ports français (cabotage ou escale technique) ;
- La part des « soutes maritimes internationales » (c'est-à-dire des pavillons étrangers) dont les consommations de carburant correspondent à des liaisons entre deux ports français (cabotage ou escale technique).

Les sources d'information identifiées pour estimer la part des avitaillements en France consacrée à la navigation domestique en 2005 proviennent :

- Des grands armateurs maritimes (eg CMA/CGM, Dreyfus) : couvrant une part importante du trafic maritime international. Ces acteurs exploitent des navires affectés à des lignes régulières (l'essentiel du transport des produits finis) et à du transport à la demande (l'essentiel du transport des matières premières). Pour les lignes régulières, les escales intermédiaires sont précisées dans le cadre de la communication commerciale des opérateurs, ainsi que le temps de transit entre chacune d'entre elles. Pour le transport à la demande, il est possible d'obtenir également les itinéraires consolidés des navires.
- De la Lloyd's : la base de données Seaweb [445] à laquelle le Ministère chargé de l'environnement a accès permet de connaître toutes les spécifications techniques des navires à partir de leur nom ou de leur identifiant OMI. Des informations, telles que le port en lourd des navires (c'est-à-dire leur capacité maximale d'emport en tonnage), leur puissance ou leur vitesse moyenne, peuvent y être aisément collectées via des requêtes d'export automatique.
- De l'Office statistique des Communautés européennes (EUROSTAT) : conformément à la Directive 1995/64 CE relative au relevé statistique des transports de marchandises et de passagers par mer, la France dispose via EUROSTAT de fichiers d'information dont l'un dit « EURANAGREG » [444] permet de recenser par port le nombre de touchés effectué par navire sur une période donnée.
- Des Grands Ports Maritimes métropolitains et d'outre-mer (GPM) : les relevés statistiques de ces différents ports sont disponibles pour la plupart en ligne et permettent de collecter sur une période donnée des informations précises quant aux transits de marchandises et de passagers dans chacun d'entre eux.
- Du Ministère en charge de l'environnement : l'étude dédiée à l'efficacité énergétique du transport maritime réalisée en 2008/09 propose une approche détaillée présentant des facteurs de consommation spécifiques à chaque type de navire en fonction de son port en lourd tout au long de son exploitation [443]. Des jeux d'indicateurs de consommation d'énergie sont adossés à chacun des profils identifiés ;
- Du Comité Professionnel du Pétrole (CPDP) : dans son rapport annuel [14], cette structure propose les bilans des marchés des soutes maritimes françaises et internationales qu'il détaille par port.

L'approche retenue pour quantifier les ventes associées au trafic domestique se base sur les consommations réelles de carburant dont la quantification est effectuée en bottom-up quasi-intégral (trafics réels, reconstitution statistique de la flotte navigante) :



L'estimation des consommations de produits pétroliers destinés au cabotage et de leurs émissions repose sur la caractérisation fine des activités des lignes régulières entre les ports français qu'il convient d'ajuster en fonction du poids relatif de ces trafics en regard de l'activité totale des ports. Le croisement de cette estimation avec les bilans du marché des soutes maritimes françaises et internationales permet d'en extraire les parts respectives affectées à la navigation domestique.

Cette part de trafic maritime domestique est ramenée en % des ventes des « soutes françaises » (c'est-à-dire pavillon français) lors de l'extrapolation aux autres années et en affectant 100 % des « soutes internationales » (c'est-à-dire pavillons étrangers) au trafic international.

Jusqu'en 2008, la part des « soutes françaises » affectée au trafic domestique était estimée à 4 % quelle que soit l'année, sur la base d'une étude réalisée en mer Méditerranée en 1993 relative à l'année 1990 [133]. Les travaux menés sur une zone étendue à l'ensemble des côtes françaises pour l'année 2005 renvoient par cette approche un équivalent de 6,2 % des soutes françaises attribuées au trafic domestique en 2005.

Les données de consommations d'huile dans le secteur maritime sont extraites du bilan annuel du CPDP [14]. L'huile utilisée dans les moteurs a pour rôle de lubrifier et refroidir les différents organes du moteur et de la transmission. Cependant, tout (moteurs 2-temps) ou partie (moteurs 4-temps) de cette huile pénètre dans la chambre de combustion et brûle, générant ainsi des émissions.

La part de motorisations fonctionnant selon un cycle deux ou quatre temps est estimée à partir d'un croisement entre :

- Le pourcentage de puissance installée des moteurs principaux par type de moteur, catégorie de navire et carburant [1280] Table 3-10 ;
- De la répartition de la flotte mondiale par type de navire [1221] Table 7 ;

Les moteurs de vitesse lente (<300 tr/min) sont considérés comme 2-temps et les moteurs de vitesse moyenne (vitesse comprise entre 300 et 900 tr/min) et rapide (>900 tr/min) comme 4-temps. Ces

hypothèses permettent d'extraire les ratios moyens de puissance entre les moteurs 2-temps et 4-temps par type de carburant (cf. tableau ci-dessous). Ces ratios n'évoluent pour le moment pas en fonction de l'année.

	DML	FOL
2-temps	37 %	86 %
4-temps	63 %	14 %

#### Moteurs 2-temps :

D'après [1278], la consommation d'huile est en moyenne estimée à 1,2 g/kWh, et d'après [1280], la consommation de carburant à 190 g/kWh, soit un ratio de 0,63 % gramme d'huile brûlée par gramme de carburant.

Ainsi, la consommation d'huile 2-temps est estimée selon l'équation ci-dessous :

$$C_{H_{2tps}}(i) = C_{carb_i}(i) \times Ratio_{2tps}(i) \times \frac{SFOC_H}{SFOC_c}$$

Avec :

$C_{H_{2tps}}$  : La consommation d'huile associée aux moteurs deux temps

$i$  : le type de carburant (FOL ou DML)

$Ratio_{2tps}$  : La part de motorisations 2-temps (37 % pour le DML et 86 % pour le FOL)

$\frac{SFOC_H}{SFOC_c}$  : La quantité d'huile consommée par gramme de carburant associée aux motorisation 2-temps soit 0,63 %.

Les émissions relatives aux huiles des moteurs 2-temps sont rapportés dans le secteur du transport maritime (1.A.3.d),

#### Moteurs 4-temps :

Afin de rester cohérent avec les ventes de lubrifiant du maritime, le calcul bottom-up de la consommation d'huile des moteurs est réalisé seulement pour les motorisations 2-temps. Le solde entre les ventes et la consommation d'huile 2-temps est attribué à la consommation d'huile 4-temps selon l'hypothèse que 20 % de l'huile du carter brûle dans la chambre de combustion du moteur. Cette hypothèse est conforme aux lignes directrices 2006 [1282].

Les émissions relatives aux huiles des moteurs 4-temps sont rapportées dans le secteur non énergétique (NFR-2.G/CRF-2.D.1).

#### Voie navigable et plaisance

Deux sous-secteurs se distinguent dans ce chapitre : les bateaux de plaisance (voiliers, petits bateaux et autres embarcations personnelles) et les bateaux dédiés au transport de marchandises de la navigation intérieure (trafic fluvial). Les bateaux de pêche ne sont pas inclus ici, mais dans le secteur pêche (cf. 1A4c\_fishing).

L'estimation des consommations et les facteurs d'émission utilisés étant différents, ces deux activités sont considérées séparément :

- **Les consommations de carburant des bateaux de plaisance.** Les consommations sont estimées à partir des données de la CCTN [31] qui fournit les consommations attribuées à la plaisance et autres engins. Le parc d'engins à motorisation essence est reparti entre 25% de moteurs 2 temps et 75% de moteurs 4 temps.

- **Gazole** : Les consommations de gazole dues aux trafics de plaisance sont calculées en déduisant du total donné par la CCTN [31] (ligne divers), la consommation de gazole attribué aux engins du secteur résidentiel/tertiaire et à la consommation de gazole du secteur ferroviaire. A noter que le secteur ferroviaire n'est inclus dans ces statistiques que sur la période 2006-2010 car jusqu'en 2005 le ferroviaire n'utilisait que du fioul domestique (FOD) et, à partir de 2011, du gazole non-routier (GNR), ces deux combustibles n'entrant pas dans le champ « gazole routier » de la CCTN.
- **Essence** : Les consommations d'essence dues aux trafics de plaisance sont calculées en déduisant du total donné par la CCTN [31] (ligne divers), les consommations d'essence attribuées aux engins des secteurs résidentiel/tertiaire et agriculture/sylviculture. La consommation d'huile 2 temps mélangée et brûlée avec l'essence est calculée en prenant en compte l'hypothèse d'un mélange à hauteur de 3 % en volume.
- **Les consommations de carburant du transport fluvial.** Les activités liées au trafic fluvial sont issues des données de la CCTN [670] qui fournit en tonnes x kilomètres attribuées d'une part au transport domestique et d'autre part au transport international. Les consommations sont ainsi calculées par la multiplication de ces données d'activité par l'intensité énergétique. Cette dernière donnée est exprimée en tonne de carburant consommé par tonnes x kilomètres de marchandise transportée. Ceci est obtenu en faisant évoluer les ratios entre les consommations de carburant en tonnes fournies jusqu'à l'année 1998 par le CPDP [14] et les données de trafic de la CCTN [670]. Les engins mis en œuvre sont supposés utiliser uniquement comme carburant :
  - **Fioul domestique (FOD)** : Le FOD est utilisé jusqu'en septembre 2011 (l'hypothèse prise en compte est que deux tiers de la consommation totale en 2011 correspond à la consommation de FOD) ;
  - **Gazole non routier (GNR)** : Le GNR est utilisé à partir de septembre 2011 (l'hypothèse prise en compte est qu'un tiers de la consommation totale en 2011 correspond à la consommation de GNR). Avec le passage au GNR, l'incorporation d'agro-carburant est donc considérée dans l'activité de ce sous-secteur.

Les consommations du trafic maritime domestique ont augmenté notablement depuis 1990 à cause de l'augmentation de la consommation d'essence dans les bateaux de plaisance, alors que pour le trafic international, les fluctuations sont dues au contexte économique et la baisse depuis 2007 est liée à la concurrence des ports européens, conséquence de la crise économique mondiale.

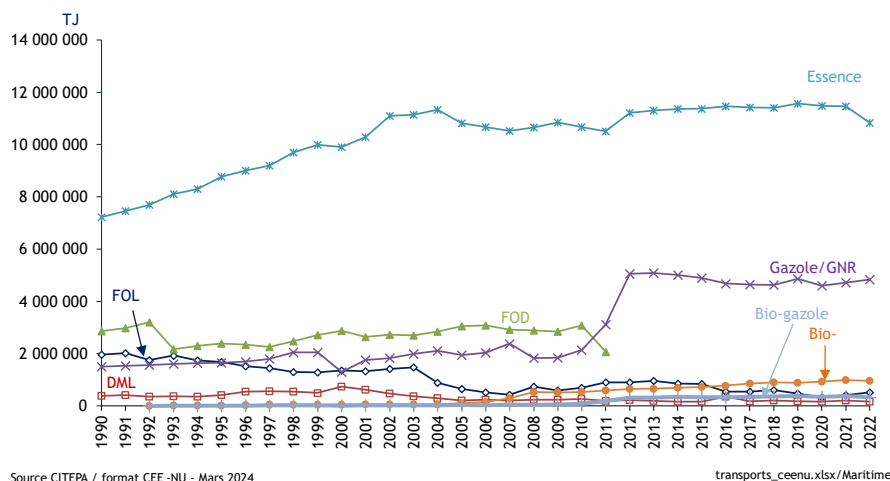


Figure 64 : Consommations des différentes énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine du transport maritime domestique (1.A.3.d.)

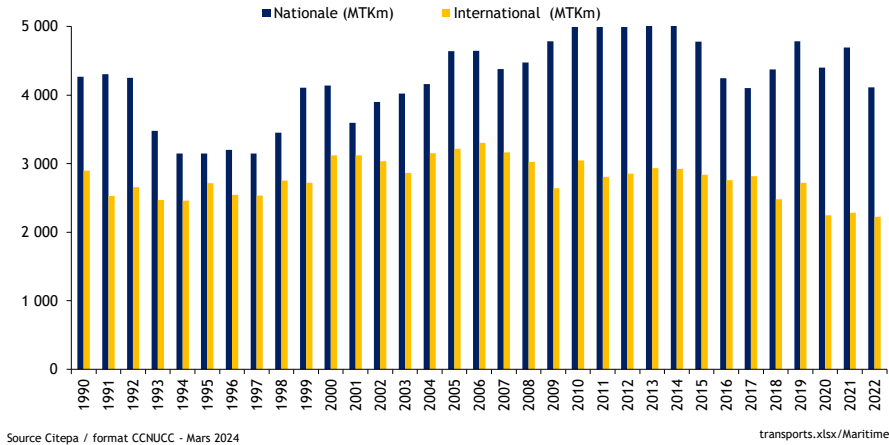


Figure 65 : Répartition des tonneskilomètres du transport fluvial de marchandises entre la partie domestique et internationale.

### 3.4.1.5. Stations de compression du réseau de transport et de distribution de gaz (NFR 1A3ei)

#### 3.4.1.5 Pipeline transport

Le secteur 1.A.3.e. n'est pas une catégorie-clé en 2022, ni en niveau, ni en évolution.

#### Stations de compression du réseau de transport et de distribution de gaz (NFR 1.A.3.e.i)

De l'ordre d'une quarantaine de stations de compression sont dénombrées. Longtemps, les motocompresseurs ont été nettement privilégiés devant les électrocompresseurs et les turbocompresseurs. Les stations de compression ont fait l'objet d'un programme de rénovation important à partir de 2006 dans lequel la mise en place d'électrocompresseurs a été privilégiée.

Ce secteur concerne la combustion de gaz naturel par les stations de compression du réseau de transport et de distribution du gaz naturel.

En 2020, la crise sanitaire du Covid-19 a eu une influence très forte sur les consommations et les émissions. Celles-ci ont ensuite rebondi en 2022 se rapprochant des niveaux avant-Covid.

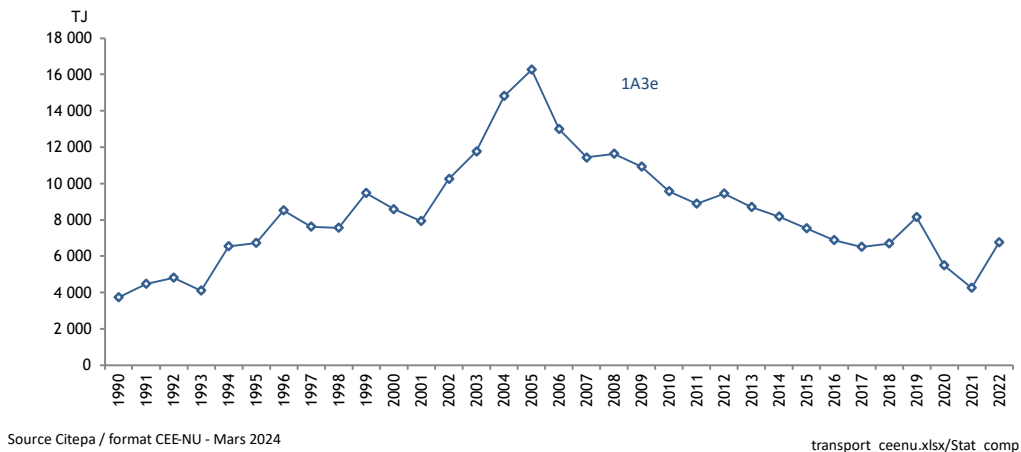


Figure 66 : Consommations d'énergies (gaz naturel) en France métropolitaine

#### Autres transports (NFR 1.A.3.e.ii)

Cette section traite des émissions des machines mobiles et autres moyens de transport hors transport et distribution de gaz naturel (1.A.3.e.i). Cette section concerne les émissions liées à la combustion de carburants dans le transport terrestre des engins des aéroports et des ports, ainsi que les autres activités et moyens de transports non compris en principe dans les secteurs commercial (1.A.4.a),

résidentiel (1.A.4.b), agricole et forestier (1.A.4.c), industriel (1.A.2) ou bien encore militaire (1.A.5).

Les ventes de carburants sont intégrées aux bilans énergétiques français (questionnaires AIE). Cependant, le manque d'information et de désagrégation des consommations de carburants des véhicules et engins des aéroports et ports ne nous permet pas d'identifier et quantifier spécifiquement ces consommations et ces émissions. Ces activités de transport et de manutention sur les plateformes aéroportuaires et dans les ports font partie des activités commerciales/tertiaires. Les consommations d'énergie associées sont donc dans le bilan de l'énergie du commercial/tertiaire. Les émissions du « 1.A.3.e.ii/Autres transports » sont incluses ailleurs, dans le secteur commercial/tertiaire (1.A.4.a).

### 3.4.2 Méthodes d'estimation des émissions

#### 3.4.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

#### 3.4.2.1. Transport aérien (NFR 1A3a)

3.4.2.1 I

*International & domestic aviation (civil)*

L'activité relative à la combustion est donc déterminée pour les divers éléments fins (par type de couple avion x moteur, phase, liaison, etc.). Face au volume important de données (le seul fichier de trafic des vols commerciaux par liaison type comporte plus d'un million d'enregistrements par année), et aux divers paramètres en relation, le traitement des données est réalisé au moyen d'une application informatique développée conjointement avec la DGAC, qui constitue un outil commun pour les inventaires d'émissions nationaux et divers rapportages de la DGAC.

Les émissions sont déterminées chaque année aussi bien pour les vols commerciaux et non commerciaux de manière à renseigner les différents sous-ensembles requis par le rapportage des inventaires. Des résultats individualisés par aéroport peuvent également être déduits pour des applications locales. De manière analogue, un traitement approprié permet de déterminer au sein du trafic international, la fraction correspondant aux liaisons intra UE.

Les émissions non liées à la combustion (abrasion des pneus, des freins, de la piste) sont déterminées en fonction du nombre de cycles LTO au moyen de facteurs d'émission.

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les carburants avion contiennent peu de soufre. Le facteur d'émission de 22,7 g/GJ est utilisé (cf. partie générale combustion) pour le kérosène et pour l'essence aviation. Les émissions sont calculées à partir des consommations d'énergie déterminées pour l'entité considérée (type de trafic, d'aéronef, d'aéroport, etc.).

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>, COVNM et CO**

Les facteurs d'émission et par suite les émissions sont des valeurs moyennes nationales tous types d'aéronefs confondus (y compris avions non commerciaux mais avions militaires exclus) rapportés à la consommation d'énergie.

Si, les valeurs par type de couple avion x moteur, par aéroport, par phase sont considérées dans le calcul, seuls les émissions et facteurs d'émissions agrégés au niveau des inventaires nationaux sont présentés in fine. Compte tenu des différents périmètres géographiques éventuellement considérés, ces facteurs d'émission moyennés peuvent différer [16, 1299, 128]. Par conséquent de l'évolution de la structure pondérée du trafic et des appareils, les facteurs d'émission moyens varient au cours du temps.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables et donc non estimées.

**Emissions de particules en suspension TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>, BC**

Les rejets de particules proviennent, d'une part, de la combustion et, d'autre part, de l'abrasion de différents organes et de la piste.

**PM Combustion**

Les émissions de particules lors de la combustion sont calculées à partir de la méthode FOA3 (First Order Approximation) développée par l'OACI [1144] pour calculer les émissions de particules des cycles LTO à partir des données de « smoke number » de la certification des moteurs.

La méthode est généralisée à la croisière. Les émissions de particules de la phase croisière (PM<sub>CR,FOA3</sub>) sont calculées à partir du ratio entre les émissions de PM du cycle LTO par la méthode FOA3 (PM<sub>LTO,FOA3</sub>) et les consommations du cycle LTO (Conso<sub>LTO</sub>), auquel on multiplie les consommations de la croisière (Conso<sub>CR</sub>).

$$PM_{CR,FOA3} = \frac{PM_{LTO,FOA3}}{Conso_{LTO}} Conso_{CR}$$

Pour la combustion (hors APU), les émissions de PM<sub>1,0</sub> sont calculées à partir d'une spéciation des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Le ratio appliqué est de 82% de PM<sub>2,5</sub>. Les ratios appliqués proviennent des ratios des facteurs d'émission issus de TNO [79].

Pour les APU, les facteurs d'émission de particules sont donnés dans le tableau ci-dessous pour les vols court et moyen-courrier d'une part et long-courrier d'autre part [128], la même spéciation granulométrique que pour la combustion (hors APU) est utilisée.

APU	Cours et moyens courriers g/t	Longs courriers g/t
TSP	25,0	40,0
PM <sub>10</sub>	25,0	40,0
PM <sub>2,5</sub>	20,6	33,8
PM <sub>1,0</sub>	17,4	27,8

Les émissions de BC de la combustion (APU et hors APU) sont calculées à partir d'une spéciation des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les ratios appliqués proviennent du guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1286]. Les ratios appliqués sont de 57 % de PM<sub>2,5</sub> pour le kérosène et de 18 % des PM<sub>2,5</sub> pour l'avgas.

Pour les APU, les références bibliographiques [128] n'indiquent pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

Pour la combustion dans les moteurs, la méthode FOA3 pour la combustion permet de distinguer les particules volatiles des non volatiles. Dans l'inventaire, les particules relatives à la combustion est le total de deux.

**PM Abrasion**



Les facteurs d'émissions de particules provenant de l'abrasion couvrent l'usure des pneus, des freins et des pistes. Les facteurs d'émission ci-dessous représentent une pondération de ces trois sources. Les émissions sont indépendantes de la consommation d'énergie et les facteurs d'émission sont exprimés par rapport au nombre de cycles LTO sans autre distinction au cours du temps ou du type d'avion.

Le facteur d'émission pour les  $PM_{10}$  est 190 g/LTO [68, 1286]. Le facteur d'émission des TSP est arbitrairement prit comme étant le double du facteur d'émission des  $PM_{10}$ . Pour les  $PM_{2,5}$ , le facteur d'émission est extrapolé de la valeur des  $PM_{10}$  en se basant sur les ratios de l'abrasion du secteur routier [904]. Ainsi, le facteur d'émission des TSP est de 381 g/LTO, celui des  $PM_{2,5}$  est de 111 g/LTO et celui du BC est de 11 % des  $PM_{2,5}$ .

Pour l'abrasion, le guidebook EMEP n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

#### ***Métaux lourds (ML)***

Il n'y a pas d'émission attendue de métaux lourds lors de la combustion car le kérosène en contient très peu.

Seules les émissions de plomb sont considérées pour l'essence avion (AVGAS 100LL), utilisée pour les avions munis de moteurs à pistons. Ce carburant, contrairement à l'essence automobile, contient toujours une petite part de plomb.

Le facteur d'émission de plomb pour l'essence avion est de 0,560 g/litre [667].

A noter que dans les rapports d'inventaires nationaux, le trafic aérien est caractérisé par une consommation de carburants tous types confondus. Par suite, le facteur d'émission apparent pour le plomb, rapporté à l'ensemble des carburants avions, évolue au cours du temps en fonction des quantités respectives des différents carburants.

#### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Ces émissions ne sont pas prises en compte actuellement dans l'inventaire.

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Ces émissions ne sont pas prises en compte actuellement dans l'inventaire.

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Les émissions de PCB liées à la combustion sont considérées comme nulles ou négligeables et donc non estimées.

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Ces émissions ne sont pas prises en compte actuellement dans l'inventaire.

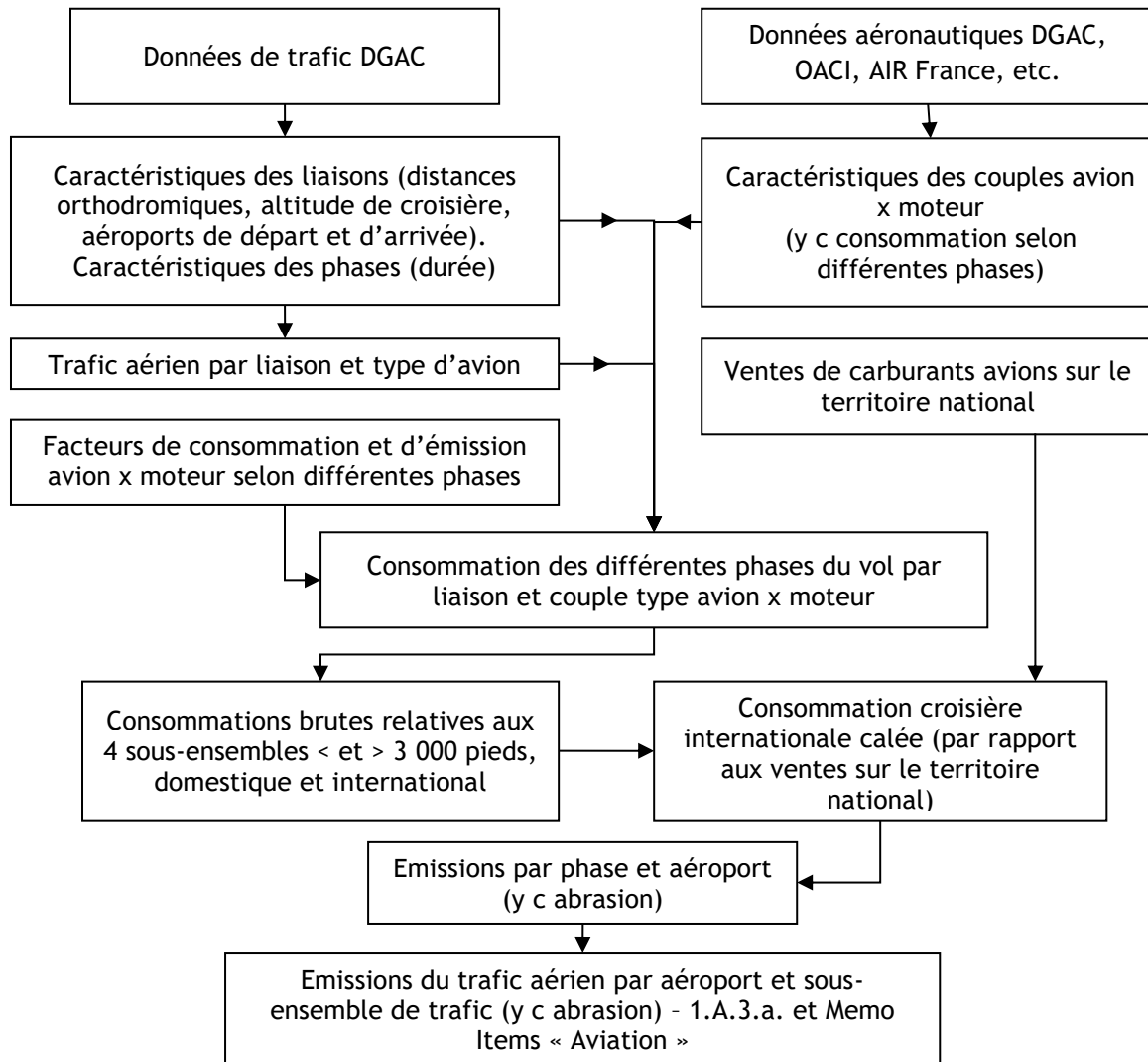


Figure 67 : Logigramme du processus d'estimation des émissions

### 3.4.2.2. Transport routier (NFR 1A3b)

#### 3.4.2.2 Road transport

La méthode appliquée est :

Méthode de rang 3 (méthodologie d'émissions du guidebook EMEP/EEA avec l'usage de certains paramètres par défaut du modèle COPERT correspondant à la version du guidebook pris en référence, sauf indication contraire), avec des facteurs d'émission prenant en compte les conditions de trafic national, pour CO, NOx, COVNM, NH<sub>3</sub>, PM, c'est-à-dire volumes de trafic par type de véhicule, vitesses en milieu urbain, rural, et autoroute, et les différents types de motorisation en fonction des normes EURO.

SO<sub>2</sub>, Métaux lourds : les émissions de ces polluants sont estimées sur la base des consommations de carburant et de facteurs d'émissions.

HAP, PCCD/F, PCB : ces émissions de polluants sont déterminées sur la base des données de trafic par type de véhicule et de facteurs d'émissions.

#### Introduction

D'ordinaire, les instances internationales classent dans des catégories différentes les émissions liées à l'utilisation de l'énergie et les émissions liées aux autres causes. Dans le cas du transport routier, elles dérogent en partie à cette règle et classent dans la même catégorie 1.A.3.b toutes les émissions

dues au transport routier à l'exception des émissions liées à la combustion des huiles 4 temps (usage non énergétique), rapportées dans la catégorie NFR 2.G.

Les données pour le calcul des émissions du transport routier

L'estimation des émissions des véhicules routiers liées à la combustion/évaporation fait appel à de très nombreux paramètres relatifs :

- Au parc de véhicules :
  - Type de véhicule : véhicule particulier (VP), véhicule utilitaire léger (VUL), poids lourd (PL), bus et cars, deux-roues,
  - Type de motorisation / carburant : essence, Diesel, bicarburant, GPLc, GNV, etc.,
  - Taille, masse ou cylindrée,
  - Age du véhicule et conformité aux normes environnementales notamment EURO (donc de la présence d'équipements tels que pot catalytique, filtre à particules, injection, type de réservoir, climatisation),
- A l'utilisation du véhicule :
  - Répartition par type de voie / comportement routier (autoroute, route, urbain),
  - Vitesse moyenne,
  - Pente de la route,
  - Taux de chargement des véhicules lourds,
  - Distance annuelle parcourue,
  - Longueur moyenne du trajet,
- A divers autres :
  - Température ambiante,
  - Humidité relative,
  - Bilan des ventes de carburants y compris la part d'agro-carburants.

L'estimation des émissions des véhicules routiers liées à l'abrasion et aux fluides frigorigènes fait appel aux paramètres suivants :

- Les émissions de particules, de métaux lourds et de HAP provenant de l'usure de divers organes du véhicule (frein et pneumatiques), d'une part, et provenant de l'érosion du revêtement routier, d'autre part, sont basées sur les parcs dynamiques (i.e. trafic) issus du modèle COPERT [1134], des vitesses par réseau, du taux de chargement et du nombre d'essieux des véhicules lourds et d'une étude du WBCSD [499].
- Les émissions de HFC utilisées comme fluide frigorigène pour la climatisation des véhicules sont déterminées à partir des travaux réalisés par le Citepa (cf OMINEA\_2F1\_refrigeration air conditioning).

Les étapes clés pour les calculs des émissions à l'échappement/évaporation

Le calcul des émissions se fait en trois étapes clés :

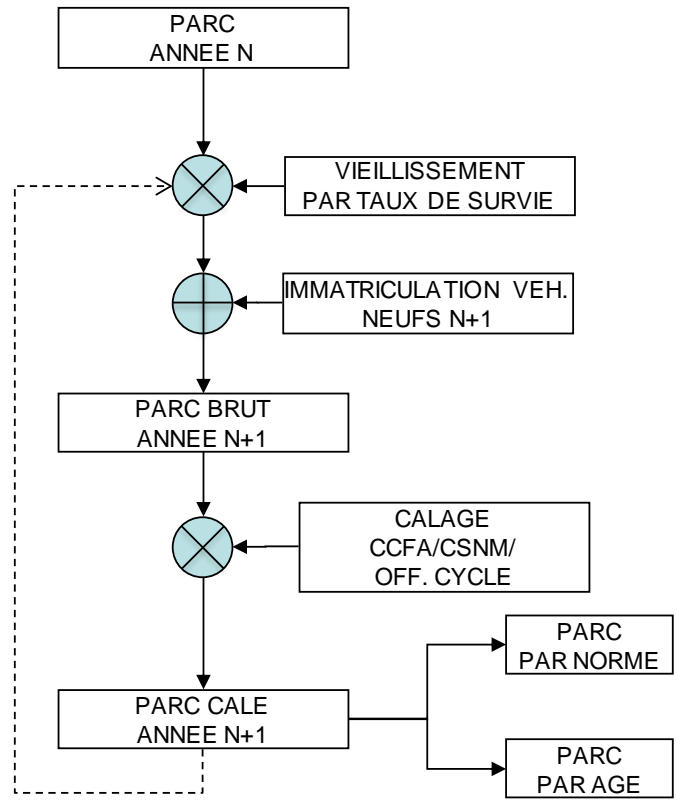
1. Le modèle OPAL est utilisé pour le calcul du parc statique (nombre) des véhicules immatriculés en France ;
2. Le calcul des parcs statique et dynamique des véhicules roulant sur la prise de carburant en France ;
3. La méthodologie COPERT [1134] est utilisée pour le calcul des émissions.

1/ Le modèle OPALE (Ordonnancement du Parc Automobile en Liaison avec les Emissions)

Il a été développé par le Citepa pour établir un parc statique détaillé des véhicules immatriculés en France à partir des données statistiques disponibles [54, 55, 56, 57, 58, 60, 311, 387, 511, 1141, 1156, 1289, 1291] qui soit compatible avec la méthodologie COPERT (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Traffic) [1134].

Les données de parc statique disponibles dans les statistiques ne détaillent pas la structure plus fine nécessaire au calcul des émissions (type de véhicule, type de motorisation, cylindrée, rattachement aux normes d'émissions). A partir d'un parc statique détaillé, estimé pour l'année 1960, le calcul de parc dans OPALE se fait ainsi en 3 étapes, pour chaque année d'évaluation :

- i. Des taux de survie en fonction de l'âge des véhicules sont appliqués à la structure fine du parc de l'année précédente, permettant ainsi de supprimer un certain nombre de véhicules en fonction de leur âge (i.e. vieillir le parc). Ces taux de survie sont calculés ou issus de la littérature.
- ii. Au parc précédant, le parc de véhicules neufs est ajouté via les données d'immatriculations (issues de données statistiques [55, 56, 1289]).
- iii. Le parc résultant des étapes précédentes est finalement calé pour correspondre au parc global de référence (issu de données statistiques [54, 551, 1156], 1291]).



Logigramme du processus d'estimation du parc statique dans le modèle OPALE

Hypothèse est faite que 30 % des immatriculations dans l'année qui précèdent la mise en place d'une norme sont conformes à ladite norme [547].

De par son principe de calcul, le modèle OPALE estime un parc statique au 31 décembre de chaque année et pour chaque catégorie (type de véhicules, motorisation, cylindrée/PTAC/ norme). Ce principe méthodologique est appliqué pour la période 1960-2000 pour les VP, VUL et PL (y compris bus et car), et pour toute la période depuis 1960 pour les 2 roues, tel que détaillé ci-après.

- Calcul du parc statique pour les VP, VUL et PL (y compris bus et car) immatriculés en France

Le parc global de référence

Pour la période 1960-2000, le parc global de référence retenu est celui établi par le CCFA [54]. Pour les VP et les VUL, ce parc était, de l'avis de nombreux experts, le plus représentatif avant exploitation des données du contrôle technique, car prenant en compte les véhicules en fin de vie retirés du parc grâce aux données des vignettes fiscales (obligatoires pour circuler jusqu'en 2000). Ces données détaillent le parc par âge en fonction du type de véhicule. Pour les PL (y compris les bus et cars), le parc est détaillé tel que présenté dans l'encadré à la fin de cette section.

Pour la période depuis 2010, le parc global de référence retenu est celui établi par le SDES [1156]. Il est issu de l'appariement du fichier des immatriculations et du fichier des contrôles techniques. Les contrôles techniques ont lieu tous les deux ans à partir de la 4<sup>ème</sup> année pour les VP et VUL, tous les ans à partir de la 1<sup>ère</sup> année pour les PL et tous les 6 mois à partir du 6<sup>ème</sup> mois pour les bus et cars.

Les données du SDES [1156] détaillent le parc par âge en fonction du type de véhicule et de la motorisation. Elles sont traitées par le Citepa afin de distinguer les motorisations suivantes : Diesel, Essence, hybride rechargeable ou non et électrique.

Les données de parc du CCFA [54] sont disponibles pour la période 2001-2009. Elles ont été estimées en faisant des hypothèses prospectives des vignettes fiscales, ce qui peut laisser penser que l'incertitude de la donnée augmentait au fil des années. Afin de rendre la série temporelle cohérente, le parc global de référence pour cette période est ajusté en considérant (i) le parc par âge en fonction du type de véhicule et de la motorisation calculé via OPALE pour l'année 2000 et (ii) le parc du SDES [1156] pour l'année 2010. Le parc résultant est au même niveau de détail que celui du parc SDES.

Les immatriculations de véhicules neufs

Les immatriculations de VP neufs par cylindrée et de VUL et PL neufs par PTAC sont issus des données DAEI [55], ARGUS [56] et SDES [1289].

Les taux de survie

Pour la période 1960-2000, les taux de survie annuels des VP et des VUL sont calculés à partir des deux jeux de données précédents (parc par âge et immatriculations) par type de véhicule. Pour les autres types de véhicules, les taux de survie sont ceux de la littérature [311] :

- Pour les bus et cars, les taux de survie sont appliqués en fonction du type de motorisation (diesel et roulant à essence) ;
- Pour les PL, les taux de survie sont appliqués en fonction de leur catégorie :
  - Poids-lourds rigides diesel ;
  - Poids-lourds articulés diesel ;
  - Poids-lourds essence.

Pour la période depuis 2001, le parc est calculé selon l'équation suivante :

$$Parc_{n,type,moteur,classe,âge} = \frac{immat_{n-âge,type,moteur,classe}}{\sum_{classe} immat_{n-âge,type,moteur,classe}} \cdot ParcCalage_{n,type,moteur,âge}$$

Où :

<i>Parc</i> :	Parc statique calculé au format COPERT [nombre de véhicules] ;
<i>n</i> :	année d'évaluation ;
<i>type</i> :	type de véhicules [VP, VUL, PL rigide, PL articulé, Bus ou Car] ;
<i>moteur</i> :	type de motorisation/carburant [diesel, essence, électrique ou hybride rechargeable] ;
<i>classe</i> :	catégorie du véhicule en fonction de sa taille ou masse ;
<i>âge</i> :	âge du véhicule ;
<i>immat</i> :	nombre d'immatriculations de véhicules neufs ;
<i>ParcCalage</i> :	le parc global de référence issu des données statistiques.

Pour les véhicules roulant au GPL ou au GNV, la structure fine est obtenue en appliquant la répartition fine des véhicules essences, car en général ces véhicules ont une double motorisation dont la motorisation essence.

**Le niveau de détail du parc global de référence :**

- **Pour les VP et VUL :**
  - [1960-2000] Parc par âge et type de véhicule ;
  - [A partir de 2001] Parc par âge, type de véhicule et type de motorisation (diesel, essence, hybride rechargeable et électrique).
- **Pour les PL :**
  - [1960-2000] Parc par catégorie véhicule :
    - Poids-lourds rigides diesel ;
    - Poids-lourds articulés diesel ;
    - Poids-lourds essence.
  - [A partir de 2001] Parc par catégorie de véhicule, âge et type de motorisation :
    - Poids-lourds rigides diesel ;
    - Poids-lourds articulés diesel ;
    - Poids-lourds essence ;
    - Poids-lourds électrique ;
    - Poids-lourds articulés électrique.
- **Pour les bus et cars :**
  - [1960-2000] : Parc pour l'ensemble des bus et cars ;
  - [A partir de 2001] : Parc par type de véhicule (bus et cars séparément), âge et type de motorisation (diesel et électrique).

➤ Calcul du parc statique pour les 2 roues immatriculés en France

Le parc global de référence est celui établi par le CSNM [57] (jusqu'en 2005) et par l'officiel du cycle [387] (entre 2007 et 2011 inclus). Pour l'année 2012, le SDES a réalisé une enquête afin d'estimer le parc de 2 roues en circulation [551]. Depuis 2012, il n'y a plus de données statistiques pour ce parc global (incluant les différentes catégories, i.e. 2 roues, mobylettes, motocyclettes, tricycles, quadricycles et voiturettes). Le parc de référence est donc établi en appliquant l'évolution du parc 2 roues issu des enquêtes de l'ONISR [1291] sur la série historique précédente. Pour l'année 2012, les données de [551] sont également analysés.

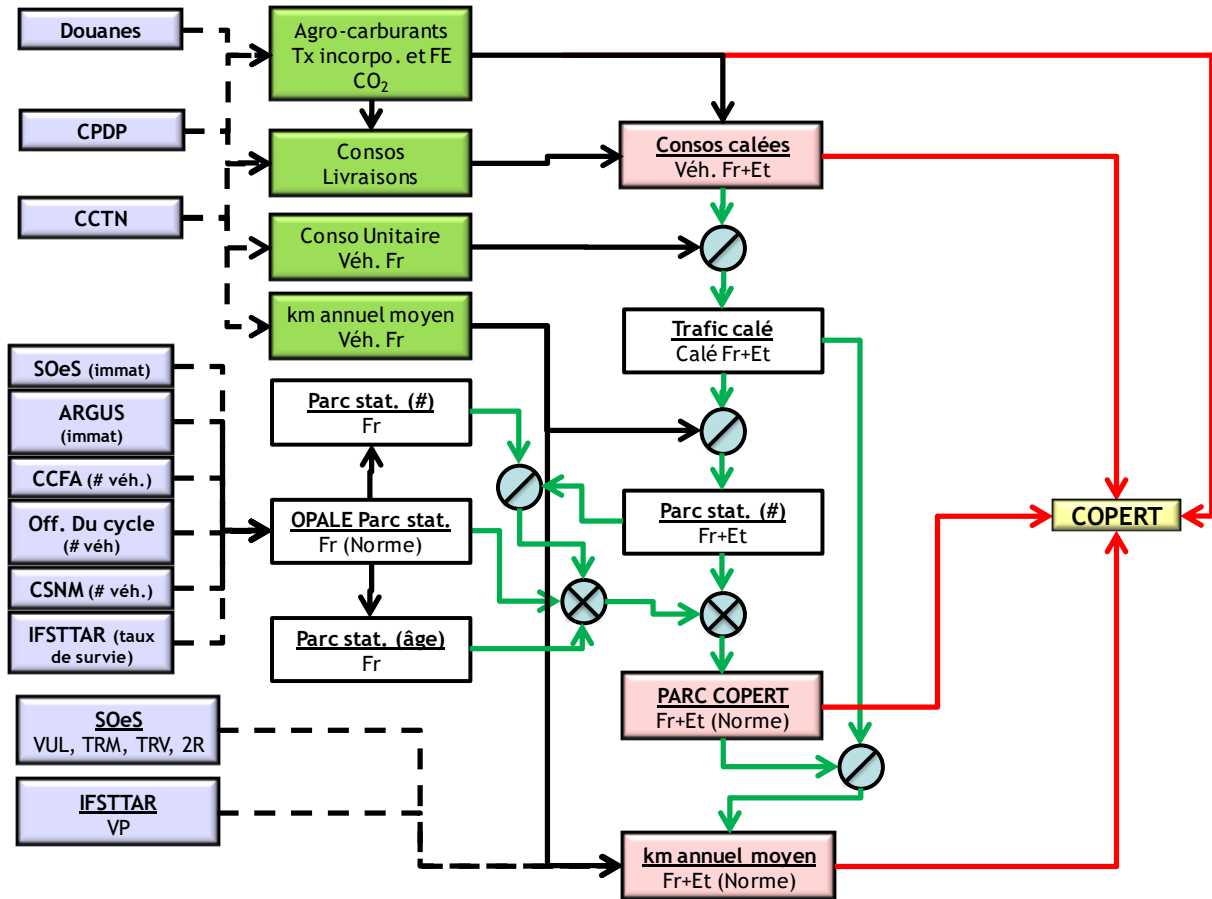
Les immatriculations des 2 roues neufs par cylindrée sont issues des données DAEI [55]. Pour les 2 roues dont la cylindrée est inférieure à 50 cm<sup>3</sup>, les immatriculations ne sont disponibles que depuis mi-2004 (date d'obligation d'immatriculation de cette catégorie de véhicules). Avant cette date, il est fait l'hypothèse que les ventes représentent les immatriculations.

Les taux de survie sont ceux de la littérature [311].

2/ Le calcul du parc statique des véhicules roulant sur la prise de carburant en France

Le parc par norme calculé précédemment est le parc des véhicules immatriculés en France. Or les ventes de carburants en France concernent principalement des véhicules français mais aussi des véhicules étrangers.

Il faut donc estimer les parcs statiques et roulants des véhicules français et étrangers roulant sur prise carburant en France.



Logigramme du processus d'estimation des données nécessaires au calcul des émissions dans le modèle COPERT.

Les consommations de carburants, calées sur les ventes en France, par type de véhicules/motorisations [ $Conso_{calée,Fr+Et}(type\ veh, motorisation)$ ] sont estimées à partir des consommations sur le territoire par type de véhicules (Français et étrangers) et par motorisation [ $Conso_{territoire,Fr+Et}(type\ veh, motorisation)$ ] et du solde aux frontières (solde) issues de la CCTN [60, 1141].

$$Conso_{calée,Fr+Et}(type\ veh, motorisation) = \frac{Conso_{territoire,Fr+Et}(type\ veh, motorisation) + \sum_i Conso_{territoire,Fr+Et}(i, motorisation)}{\sum_i Conso_{territoire,Fr+Et}(i, motorisation)} \times \text{solde}$$

i=2 roues, VP, VUL, PL, Bus et cars

Le trafic par type de véhicules et par motorisation calé sur les ventes de carburants en France [ $Trafic_{calée,Fr+Et}(type\ veh, motorisation)$ ] est obtenu en divisant les consommations obtenues précédemment par la consommation unitaire [60] par type de véhicules (français) et par motorisations [ $Conso_{Unitaire_{Fr}}(type\ veh, motorisation)$ ].

$$Trafic_{calée,Fr+Et}(type\ veh, motorisation) = \frac{Conso_{calée,Fr+Et}(type\ veh, motorisation)}{Conso_{Unitaire_{Fr}}(type\ veh, motorisation)}$$

Ce trafic, divisé par les kilométrages annuels moyens [60] par type de véhicules (français) et par motorisation [ $km_{Fr}(type\ veh, motorisation)$ ], donne le nombre de véhicule (VP, VUL, PL, Bus et cars et les deux roues) circulant sur prise carburant française motorisation [ $km_{Fr}(type\ veh, motorisation)$ ], donne le nombre de véhicule (VP, VUL, PL, Bus et cars et les deux roues) circulant sur prise carburant française [ $Nb\ vehicule_{calée,Fr+Et}(type\ veh, motorisation)$ ].

$$Nb\ vehicule_{calé,Fr+Et}(typeveh, motorisation) = \frac{Trafic_{calé,Fr+Et}(typeveh, motorisation)}{km_{Fr}(typeveh, motorisation)}$$

L'hypothèse que les véhicules étrangers ayant fait une prise de carburant en France sont plus jeunes que le parc français est appliquée de la façon suivante :

$$Nbv\ vehicule_{calé,Fr+Et}(typeveh, motorisation, \hat{age}) = Nbv\ vehicule_{OPALE}(typeveh, motorisation, \hat{age}) \times \alpha_{typeveh, motorisation}^{(\hat{age}_{max} - \hat{age})}$$

avec  $\hat{age}_{max}$  = longévité maximum des véhicules (30 ans pour VP, VUL, bus et cars, 24 ans pour les PL, 15 ans pour les 2 roues).

Et

$$\begin{aligned} \sum_{\hat{age}} Nb\ vehicule_{OPALE}(typeveh, motorisation, \hat{age}) \times \alpha_{typeveh, motorisation}^{(\hat{age}_{max} - \hat{age})} \\ = Nb\ vehicule_{calé,Fr+Et}(typeveh, motorisation) \\ = \sum_{\hat{age}} Nb\ vehicule_{calé,Fr+Et}(typeveh, motorisation, \hat{age}) \end{aligned}$$

Cette hypothèse ne s'applique qu'au VP essence et diesel, VUL essence et Diesel, PL diesel et cars diesel.

Nous prenons l'hypothèse que les VP GPL, électriques, GNV, les bus diesel et GNV ainsi que les 2 roues sont des véhicules exclusivement français.

La répartition par norme est obtenue en considérant la norme à la date de première immatriculation correspondante.

Le calcul des émissions est réalisé avec des parcs à mi-année calculés par moyenne arithmétique de deux années consécutives des parcs estimés ci-dessus.

$$Parc_{mi\ année}(N) = \{ Parc_{fin\ année}(N-1) + Parc_{fin\ année}(N) \} / 2$$

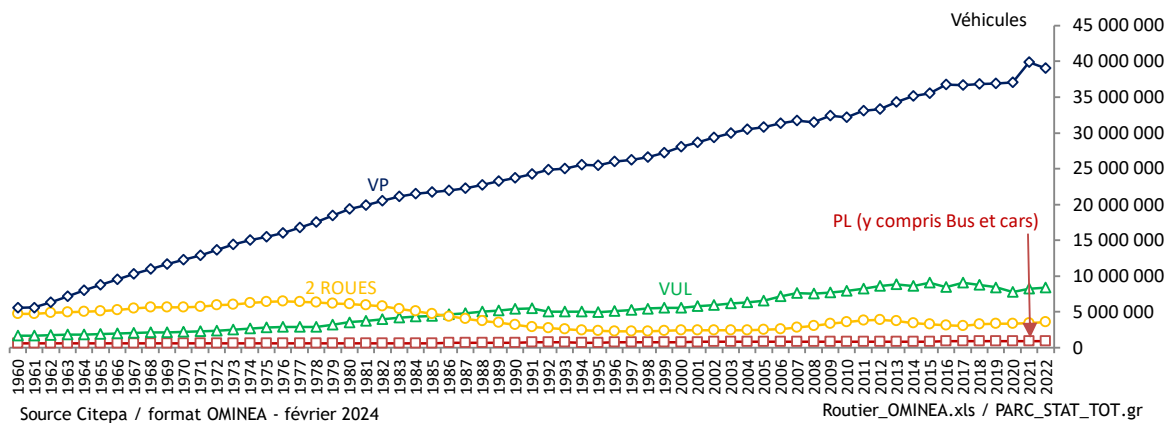


Figure 68 : Parc statique (Nombre) des véhicules routiers en Métropole

## 2/ La méthodologie COPERT [1134]

Développé au travers de projets européens financés par l'AEE et la Commission européenne, cette méthodologie est utilisée pour estimer les émissions à l'échappement et par évaporation. Ses données d'entrée sont les paramètres mentionnés précédemment.

Dans un premier temps, la consommation globale de chaque carburant (essence + bio-essence, gazole + bio-gazole, GPLc, GNV) est calculée sur la base des divers paramètres renseignés (parc, trafic, pourcentage d'utilisation de différents réseaux et les vitesses associées, etc.). Le rapprochement de



ces consommations calculées avec les ventes de carburants conduit à un processus d'ajustement des distances annuelles parcourues jusqu'à l'obtention de balances énergétiques satisfaisantes. Les valeurs des distances sont fixées à partir de diverses études [58, 60, 311]. Des règles logiques sont respectées comme la décroissance de la distance annuelle parcourue en fonction de l'âge du véhicule [547, 548, 549, 550, 551].

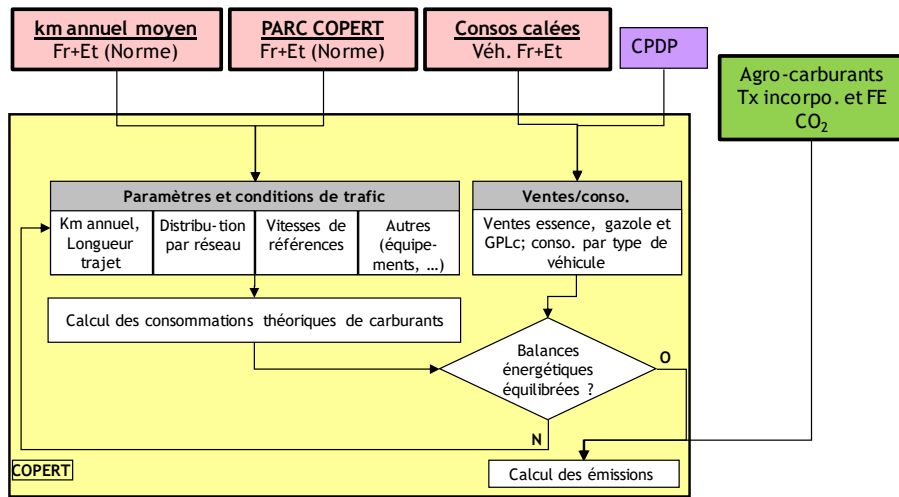
Toutes les valeurs d'ajustement sont revues et, si nécessaire, recalculées chaque année. L'ajustement est fait en conséquence sur les distances annuelles parcourues pour tous les véhicules et toute la série temporelle.

Les bilans énergétiques

Ils servent dans la méthodologie COPERT d'éléments de calage et de validation globale, par le biais d'un processus d'ajustement itératif entre le calcul théorique COPERT de la consommation de carburant (dépendant des paramètres de circulation) et la valeur statistique entrée<sup>11</sup> (respectivement pour les différents carburants) (cf. logigramme ci-dessous).

La différenciation entre les livraisons sur le territoire français (ventes CPDP [14] auxquelles sont soustraites les usages non routiers) et les consommations sur le territoire français [60, 1141] est nécessaire du fait des exigences liées aux spécifications du rapportage des émissions auprès des instances internationales.

En effet, les spécifications des inventaires d'émissions CCNUCC pour les gaz à effet de serre et CEE-NU pour les autres polluants requièrent pour le transport routier un calage énergétique sur les ventes de carburant plutôt que sur l'estimation des consommations de carburant sur le territoire national. Les chiffres de consommation de carburant de la CCTN [60, 1141] sont des estimations de consommation sur le territoire français (indépendamment du lieu d'achat du carburant, en France ou à l'étranger). C'est pourquoi, pour les inventaires d'émissions, ces chiffres de consommation de carburant par grand type de véhicules de la CCTN [60, 1141] sont recalés sur les livraisons de carburant du transport routier (déterminées comme les livraisons CPDP de carburant auxquelles les consommations des usages non routiers estimées par la CCTN [60, 1141] sont soustraites).



Logigramme du processus d'estimation des émissions dans le modèle COPERT.

Pour ce qui est des données et conditions de circulation, celles-ci concernent :

- Les kilomètres parcourus (trafic) : du fait du recalage des consommations CCTN [60, 1141] par rapport aux livraisons pour le routier, et du ratio entre ces consommations et les consommations unitaires de la CCTN [60, 1141], le trafic correspond au trafic des véhicules circulant sur prise carburant française. Ces kilomètres parcourus par grand type de véhicule

<sup>11</sup> Les statistiques énergétiques disponibles (et utilisées dans les inventaires) pour les carburants routiers, correspondent aux données de livraisons de carburants plutôt qu'à des ventes à la pompe. La différence entre les deux valeurs est faible et est due à un décalage temporel de stock(s).

servent de référence pour l'estimation des kilomètres parcourus par type de véhicule défini dans COPERT.

- Les kilométrages annuels moyens par véhicule : la variation des kilométrages annuels moyens en fonction de l'âge des véhicules est prise en compte, d'après les éléments du rapport de l'IFSTTAR [547] pour les VP, et des enquêtes TRM, TRV, VUL et 2R [548, 549, 550, 551] pour les autres types de véhicules. D'autre part, comme indiqué ci-avant, un bouclage sur les kilomètres parcourus (trafic) CCTN [60, 1141] ajustés est assuré par grand type de véhicule.
- La répartition du trafic sur les 3 modes (urbain, rural, autoroute) : la répartition du trafic sur les 3 modes par type de véhicule est estimée à partir d'éléments relatifs dans le rapport de l'IFSTTAR [547] et avec un recalage sur la répartition par réseau de la CCTN [60, 1141], globale tout véhicule.
- Les vitesses moyennes de référence sur les 3 modes (urbain, rural, autoroute) : La variation des vitesses sur les différents réseaux [1291] est prise en compte pour représenter au mieux la réalité des conditions de trafic en France.

A ce stade du processus, le kilométrage et donc le parc roulant (i.e. trafic = véhicules x kilomètres parcourus) sont disponibles ainsi que le bilan énergétique par type de véhicule.

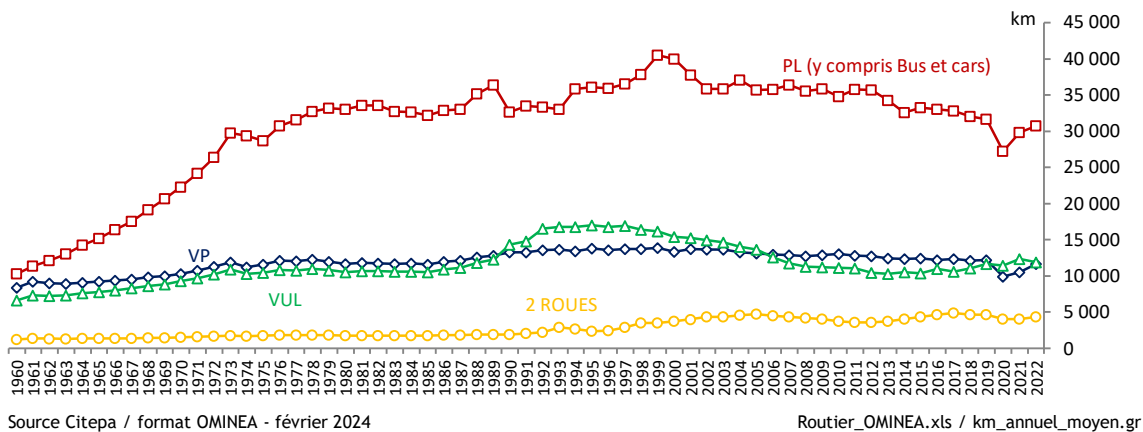


Figure 69 : Kilométrage moyen des véhicules routiers en Métropole

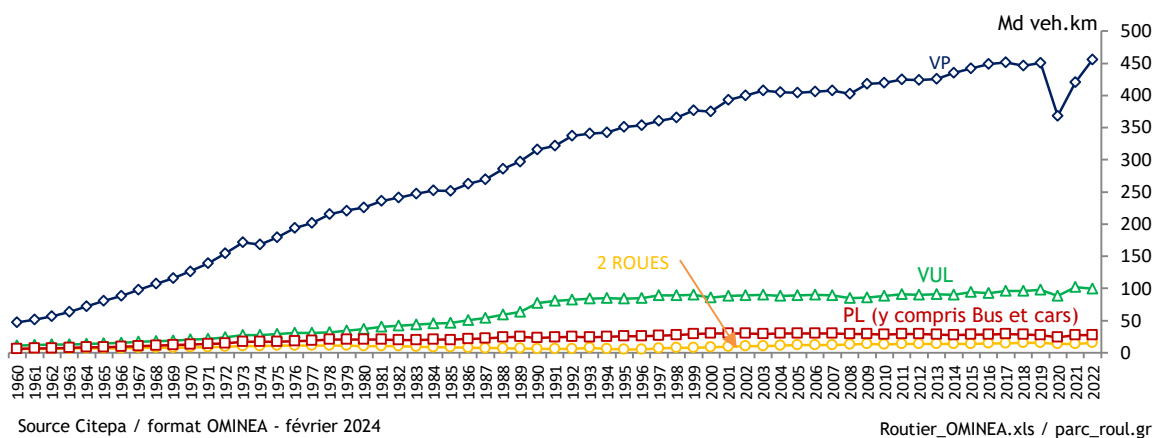


Figure 70 : Parc roulant (vehiculesxkilomètre) des véhicules routiers en Métropole

Dans un deuxième temps, la méthodologie COPERT permet d'estimer les émissions de certains polluants sur la base du jeu de paramètres déterminés. Des tests de sensibilité ont montré que l'incidence de la paramétrisation est relativement limitée du fait que les fourchettes plausibles de valeurs sont assez bien maîtrisées et que pour obtenir une balance énergétique équilibrée, l'incidence de la modification d'un paramètre nécessite généralement la modification d'un ou plusieurs paramètres dont l'effet sera antagoniste.

Les émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) par évaporation, véhicule en fonctionnement, à l'arrêt ou au remplissage du réservoir sont aussi déterminées [1155].

La consommation d'huile servant de lubrifiant dans les moteurs et qui est brûlée avec le carburant est déterminée en utilisant la méthodologie développée par le NERI [453]. La consommation d'huile est fonction du type de véhicule (VP, VUL, PL, 2 roues hors motocyclettes) et de l'âge de celui-ci en considérant que les véhicules neufs consomment entre 0,25 litre / 10 000 km (2 roues) et 2,5 litres / 10 000 km (PL). Pour les motocyclettes et les motos à moteur 2 temps, l'hypothèse que l'huile est mélangée à l'essence à hauteur de 3 % en volume est retenue.

L'huile consommée contribue en tant qu'hydrocarbure aux émissions liées à la combustion de manière similaire aux carburants, à l'exception des métaux lourds pour lesquels les compositions différenciées des huiles et des combustibles sont prises spécifiquement en compte.

Les émissions relatives aux huiles des moteurs 2 temps sont rapportés dans le secteur du transport routier (1.A.3.b), alors que celles relatives aux huiles des moteurs 4 temps sont rapportés dans le secteur (NFR-2.G/CRF-2.D.1)

#### Les données de calcul pour les émissions liées à l'abrasion

1/ Usure des plaquettes de freins et des pneus [499, 1186, 1134] :

Les émissions de particules, de métaux lourds (ML) et de HAP sont prises en compte. Les émissions de particules sont calculées comme étant le produit du parc roulant (par grand type de véhicule) par un facteur d'émission (par grand type de véhicule) puis par un facteur correctif de vitesse. Les ML et les HAP sont traités comme des spéciations des émissions de particules.

Les émissions de HAP disparaissent à partir de 2010 car le règlement REACH [1032] impose de ne plus utiliser d'huile dans la fabrication des pneumatiques. De plus, l'huile n'a jamais été employée dans la fabrication des pneumatiques pour les PL.

La diminution progressive des émissions de HAP est liée à l'hypothèse qu'un pneu a une durée de vie de 40 000km. Les émissions seront donc nulles quand les pneumatiques achetés en 2009 auront tous été retirés de la circulation.

2/ Usure des routes [1186] :

Le calcul couvre les émissions de particules sans remise en suspension, de métaux lourds et de HAP. Les émissions sont calculées comme étant le produit du parc roulant (par grand type de véhicule) par un facteur d'émission (par grand type de véhicule). Les ML et les HAP sont traités comme des spéciations des émissions de particules.

Les émissions sont calculées, sauf dans quelques cas, au moyen des facteurs d'émissions unitaires proposés par le modèle COPERT. Ces derniers sont basés sur un nombre important de mesures réalisées par divers laboratoires européens dont l'IFSTTAR en France. A ces émissions sont ajoutées les émissions dues aux huiles des moteurs deux temps d'une part (rapportées dans le 1.A.3.b.) et des moteurs 4 temps d'autre part (rapportées en 2.D.1.).

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont fonction du contenu en soufre des carburants.

Pour estimer les émissions de SO<sub>2</sub> issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de SO<sub>2</sub> des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

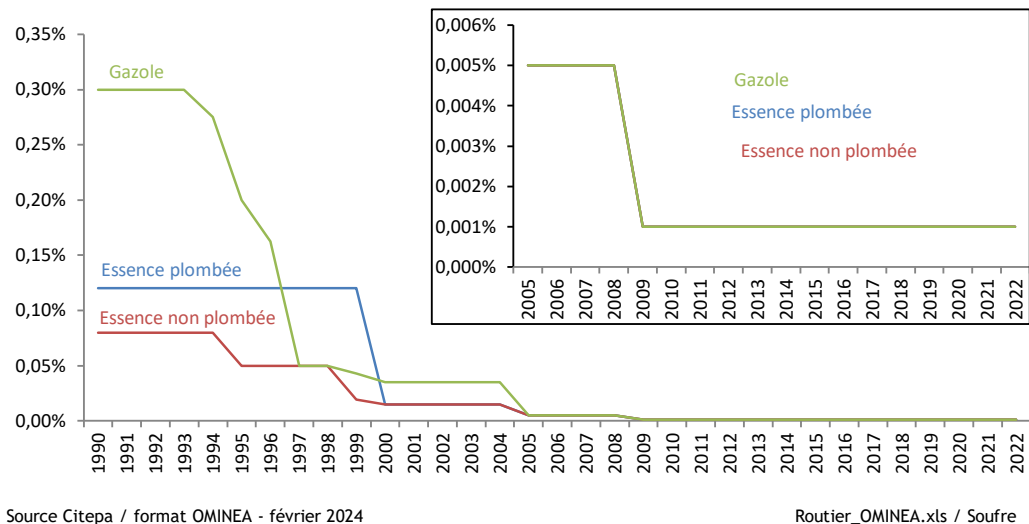


Figure 71 : Evolution des teneurs en soufre des carburants

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les facteurs d'émission de NO<sub>x</sub> sont issus du guidebook EMEP/EEA [1281].

Pour estimer les émissions de NO<sub>x</sub> issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de NO<sub>x</sub> des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont dues à la combustion mais aussi aux évaporations de l'essence. Les facteurs d'émissions de COVNM sont issus du guidebook EMEP/EEA [1281, 1155].

Pour estimer les émissions de COVNM issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de COVNM des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Emissions de CO**

Les facteurs d'émissions de CO sont issus du guidebook EMEP/EEA [1281].

Pour estimer les émissions de CO issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de CO des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les facteurs d'émission de NH<sub>3</sub> sont issus du guidebook EMEP/EEA [1281].

Pour estimer les émissions de NH<sub>3</sub> issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de NH<sub>3</sub> des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Les facteurs d'émission NH<sub>3</sub> des véhicules particuliers et des véhicules utilitaires légers dépendent du kilométrage cumulé et du taux de soufre dans les carburants. Ce dernier, provoque des changements des évolutions parfois fortes du facteur d'émission quand le taux change.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les facteurs d'émission de TSP sont issus du guidebook EMEP/EEA [1132, 1281].

Pour estimer les émissions de TSP issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de TSP des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Il convient de préciser que la procédure de mesure réglementée pour la caractérisation de la masse des particules de gaz d'échappement des véhicules exige que les échantillons soient prélevés à une température inférieure à 52 ° C. À cette température, les particules contiennent une grande fraction d'espèces condensables. Par conséquent, les facteurs d'émission en masse de particules pour la combustion sont considérés comme comprenant à la fois des matières filtrables et condensables.

Pour l'abrasion, le guidebook [1132] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Pour la combustion (des différents carburants) TSP=PM<sub>10</sub>=PM<sub>2,5</sub>.

Les PM<sub>1,0</sub> se distribuent par rapport aux TSP à raison de 92% pour le diesel et 75% pour l'essence.

Pour l'abrasion les spéciations de TSP sont les suivantes :

	Pneus	Freins	Route
PM <sub>10</sub> /TSP	60%	98%	50%
PM <sub>2,5</sub> /TSP	42%	39%	27%
PM <sub>1,0</sub> /TSP	6%	10%	-

**Emissions de carbone suie (BC)**

Pour la combustion les spéciations de BC (en %) par rapport aux émissions de PM<sub>2,5</sub> sont les suivantes :

VP et VUL essence		PL (yc Bus et cars) diesel	
PRE-ECE	2%	Conventionnelle	50%
ECE 15 00/01/02/03	5%	Euro I et II	65%
ECE 15 04	20%	Euro III	70%
Euro 1 et 2	25%	Euro IV et V	75%
Euro 3 et +	15%	Euro VI	15%
VP et VUL diesel		Mobylette	
Conventionnelle	55%	Conventionnelle	10%
Euro 1	70%	Euro 1 et +	20%
Euro 2	80%	Motocycles	
Euro 3	85%	Conventionnelle	15%
Euro 4	87%	Euro 1 et +	25%
Euro 5 et+	15%		

Pour l'abrasion les spéciations de BC (%) par rapport aux émissions de TSP sont les suivantes :

	Pneus	Freins	Route
BC/TSP	15,3%	2,61%	1,06%

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds sont issues de la combustion des carburants, de l'huile et de l'abrasion des pneus, freins et de la route.

Il s'agit d'une spéciation des émissions particulières pour les abrasions [1281]. Les émissions de métaux lourds des combustibles et de l'huile [453, 1281] sont liées à la composition métallique des produits.

Contenu en métaux lourds des huiles	Moteur Essence	Moteur Diesel	Moteur Gpl =essence
	g/t	g/t	g/t
As	-	-	-
Cd	5	5	5
Cr	4,5	12,5	4,5
Cu	17,5	9	17,5
Hg	-	-	-
Ni	5	5	5
Pb	15	30	15
Se	-	-	-
Zn	1 000	1 000	1 000

Contenu en métaux lourds des carburants	Essence	Gazole	GNV
	mg/t	mg/t	mg/t
As	0,30	0,10	0,591
Cd	0,20	0,05	0,003
Cr	6,3	8,5	0,064
Cu	4,5	5,7	0,306
Hg	8,7	5,3	0,004
Ni	2,3	0,20	0,159
Pb	1,5	0,3	0,663
Se	0,20	0,10	0,002
Zn	33	18	0,074

Contenu en métaux lourds des pneus, des freins et de la route	Pneus [453,499]	Freins [1281]	Route [1281]
	ppm	ppm	ppm
As	0,8	67,5	122
Cd	2,6	22,4	0
Cr	3,6	2 311	0
Cu	21,5	30 600	188
Ni	0	327	40,8
Pb	80,5	6 072	49,7
Se	20	20	0
Zn	9 000	8 676	4 000

### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Les facteurs d'émission de dioxines et furanes sont issus du guidebook EMEP/EEA [1281].

Pour estimer les émissions de PCDD-F issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de PCDD-F des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance lors de l'abrasion.

### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Les facteurs d'émission de HAP (somme des 4 retenus par la CEE-NU) sont issus du guidebook EMEP/EEA [1281].

Pour estimer les émissions de HAP issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de HAP des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Les facteurs d'émission de HAP de l'abrasion des pneus, des freins et de la route sont issus du guidebook EMEP/EEA [1132] ainsi que d'une étude du WBCSD [499].

La teneur en HAP dans les pneus neufs devient nulle après 2010 car le règlement REACH impose de ne plus utiliser d'huile dans la fabrication des pneumatiques. De plus, l'huile n'a jamais été employée dans la fabrication des pneumatiques pour les PL.

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Les facteurs d'émission de PCB sont issus du guidebook EMEP/EEA [1281].

Pour estimer les émissions de PCB issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de PCB des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance lors de l'abrasion.

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance.

### **3.4.2.3. Transport ferroviaire (NFR 1A3c)**

#### **3.4.2.3 Railways**

##### ***Introduction***

Le parc de matériel en exploitation n'est pas connu avec précision, une méthodologie simplifiée est donc utilisée. Les consommations de combustibles des locomotives et des locotracteurs sont estimées à partir des données du CPDP [14], du bilan RSE de la SNCF [668], des données trafic de la SNCF de 2018 [1223] et de la CCTN [60].

Les émissions de CO, COVM, NO<sub>x</sub> et PMs en particulier sont estimées à partir de l'évolution de la répartition du parc théorique par année selon les phases de motorisation des directives appliquées.

Pour les émissions dues à l'usure des matériels, les longueurs des parcours sont déterminées à partir des références [14, 60 et 104] jusqu'en 2005.

Les données SNCF [1223] fournissent le trafic des trains thermique et électrique pour l'année 2018. Une interpolation est réalisée entre 2005 et 2018 pour obtenir une série temporelle cohérente.

##### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission déterminés à partir des teneurs en soufre moyennes et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles (cf. Partie générale combustion).

En 2006, le gazole remplace progressivement le FOD (fioul ordinaire domestique), ce qui implique l'usage de deux facteurs d'émission. Le passage du gazole au gazole non-routier (GNR) en 2011 n'implique pas de changement de facteurs d'émission, ces deux combustibles ayant les mêmes propriétés.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques tirés du Guidebook EMEP/EEA [1285]. Les facteurs d'émissions évoluent selon les directives appliquées aux motorisations ferroviaires au fil du temps ([1209], [1029], [141]).

NO <sub>x</sub> (g/GJ)	Pre-control	Phase I	Phase II	Phase III A	Phase III B	Phase V
Manœuvres de locomotives	1 958	1 958	1 277	730	400	219
Locomotives et autorails	2 268	2 268	1 479	1 373	1 373	752

**Emissions de COVNM**

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques tirés du Guidebook EMEP/EEA [1285]. Les facteurs d'émissions évoluent selon les directives appliquées aux motorisations ferroviaires au fil du temps ([1209], [1029], [141]). Les valeurs sont :

COVNM (g/GJ)	Pre-control	Phase I	Phase II	Phase III A	Phase III B	Phase V
Manœuvres de locomotives	140	140	108	62	34	18
Locomotives et autorails	147	140	113	105	105	57

**Emissions de CO**

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques tirés du Guidebook EMEP/EEA [1285]. Les facteurs d'émissions évoluent selon les directives appliquées aux motorisations ferroviaires au fil du temps ([1209], [1029], [141]). Les valeurs sont :

CO (g/GJ)	Pre-control	Phase I	Phase II	Phase III A	Phase III B	Phase V
Manœuvres de locomotives	362	362	254	254	254	254
Locomotives et autorails	604	604	423	423	423	423

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions sont estimées au moyen du facteur d'émission spécifique tiré du Guidebook EMEP/EEA [1285]. La valeur est de 7 g/t soit 0,164 g/GJ.

**Emissions de particules poussières totales en suspension (TSP), PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les rejets de particules proviennent, d'une part, de la combustion et, d'autre part, de l'abrasion des freins, des roues, des rails et des caténaires dans le cas de trains électriques.

**Combustion**

Les émissions de particules lors de la combustion sont calculées à partir de données provenant du Guidebook EMEP / EEA [1285]. Les facteurs d'émissions évoluent selon les directives appliquées aux motorisations ferroviaires au fil du temps ([1209], [1029], [141]).

Pour les TSP (qui représentent 1/95% des émissions de PM<sub>10</sub>), les facteurs d'émissions sont :

TSP (g/GJ)	Pre-control	Phase I	Phase II	Phase III A	Phase III B	Phase V
Manœuvres de locomotives	140	140	52	52	6,5	6,5
Locomotives et autorails	80	80	30	30	3,7	2,2



Pour les PM<sub>10</sub>, les facteurs d'émissions sont :

PM <sub>10</sub> (g/GJ)	Pre-control	Phase I	Phase II	Phase III A	Phase III B	Phase V
Manœuvres de locomotives	133	133	49	49	6,2	6,2
Locomotives et autorails	76	76	28	28	3,5	2,1

Pour les PM<sub>2,5</sub> (qui représentent 95% des émissions de PM<sub>10</sub>), les facteurs d'émissions sont :

PM <sub>2,5</sub> (g/GJ)	Pre-control	Phase I	Phase II	Phase III A	Phase III B	Phase V
Manœuvres de locomotives	126	126	47	47	5,9	5,9
Locomotives et autorails	72	72	27	27	3,4	2,0

Pour la combustion, le guidebook [1285] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

### Abrasion

Les facteurs d'émissions de particules provenant de l'abrasion couvrent l'abrasion des freins, des roues, des rails et des caténaires dans le cas de trains électriques. Pour la catégorie « usure des roues, des freins et des rails », les facteurs d'émission sont fournis par R. Ballaman [181]. Il n'existe pas de valeur précise pour l'abrasion des freins. D'après R. Ballaman, les transports de marchandises sont les sources d'émissions les plus importantes de PM par abrasion des freins. Une estimation est alors faite pour ce facteur d'émission basée sur des études de l'OFEFP [182] et de IER/Citepa [183].

(g/km parcouru)	TSP (en g/km parcouru)
Abrasion freins	15,60
Abrasion rails et roues	6,76

Pour la catégorie « usure des caténaires », un facteur d'émission de 0,16 g/km parcouru est fourni par R. Ballaman [181], il est égal pour les TSP et les PM<sub>10</sub>. Selon une étude de l'OFEFP [182], la part des émissions de poussières liées à l'usure des caténaires représente 1% de l'émission des TSP pour l'activité transport ferroviaire.

La granulométrie est tirée d'une étude franco-allemande [183].

En % TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Abrasion freins	32	15
Abrasion rails	50	15
Abrasion roues	50	15
Abrasion caténaires	100	15

Pour l'abrasion, R. Ballaman [181] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

### **Emissions de BC**

#### Combustion

Les émissions de BC sont calculées à partir d'une spéciation des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les ratios appliqués proviennent du guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1285]. Le ratio appliqué est de 65% de PM<sub>2,5</sub>.

Il convient de préciser que la procédure de mesure réglementée pour la caractérisation de la masse des particules de gaz d'échappement des véhicules exige que les échantillons soient prélevés à une température inférieure à 52 C. À cette température, les particules contiennent une grande fraction

d'espèces condensables. Par conséquent, les facteurs d'émission en masse de particules pour la combustion sont considérés comme comprenant à la fois des matières filtrables et condensables.

#### Abrasion

Les émissions de BC sont calculées à partir d'une spéciation des émissions de PM<sub>2,5</sub> uniquement pour l'usure des freins. Le ratio appliqué provient du guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1286]. Le ratio appliqué est de 2,6% de PM<sub>2,5</sub>.

Pour l'abrasion, le guidebook [1286] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

#### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible commun à plusieurs sections (cf. Partie générale combustion).

Les émissions de cuivre liées à l'usure des caténaires utilisent le facteur d'émission de 140 mg/km.train [554].

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de PCDD-F liées à la combustion sont établies sur la base du facteur d'émissions de poids lourds routiers conventionnels (i.e. sans post-traitement) [1281].

Le facteur d'émission est de 6,162 (ng/GJ). Le facteur d'émission pris en compte est issu des facteurs d'émissions de PCDD (25 pg I-Teq/km) et PCDF (38 pg I-Teq/km) des poids lourds conventionnels du transport routier (table 3.77 tirés du Guidebook EMEP/EEA [1281]).

Ce facteur d'émission est ramené en énergie en considérant une consommation unitaire des PL de 240 g/km (table 3.15 tirés du Guidebook EMEP/EEA [1281]) et des PCI des combustibles.

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible sur la base du facteur d'émissions de poids lourds routiers conventionnels (i.e. sans post-traitement) [1281].

HAP	BaP	BbF	BkF	IndPy	BghiPe	BaA	BahA	FluorA
Facteur d'émission (mg/GJ)	1,173	1,359	1,182	1,046	2,471	1,116	0,231	15,778

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB liées à la combustion sont établies sur la base du facteur d'émissions de poids lourds routiers conventionnels (i.e. sans post-traitement) [1281].

Le facteur d'émission est de 0,000147 µg/GJ. Le facteur d'émission pris en compte est issu des facteurs d'émissions de PCB (10,9 pg/km) des poids lourds conventionnels du transport routier (table 3.76 tirés du Guidebook EMEP/EEA [1281]).

Ce facteur d'émission est ramené en énergie en considérant une consommation unitaire des PL de 240 g/km (table 3.15 tirés du Guidebook EMEP/EEA [1281]) et des PCI des combustibles.

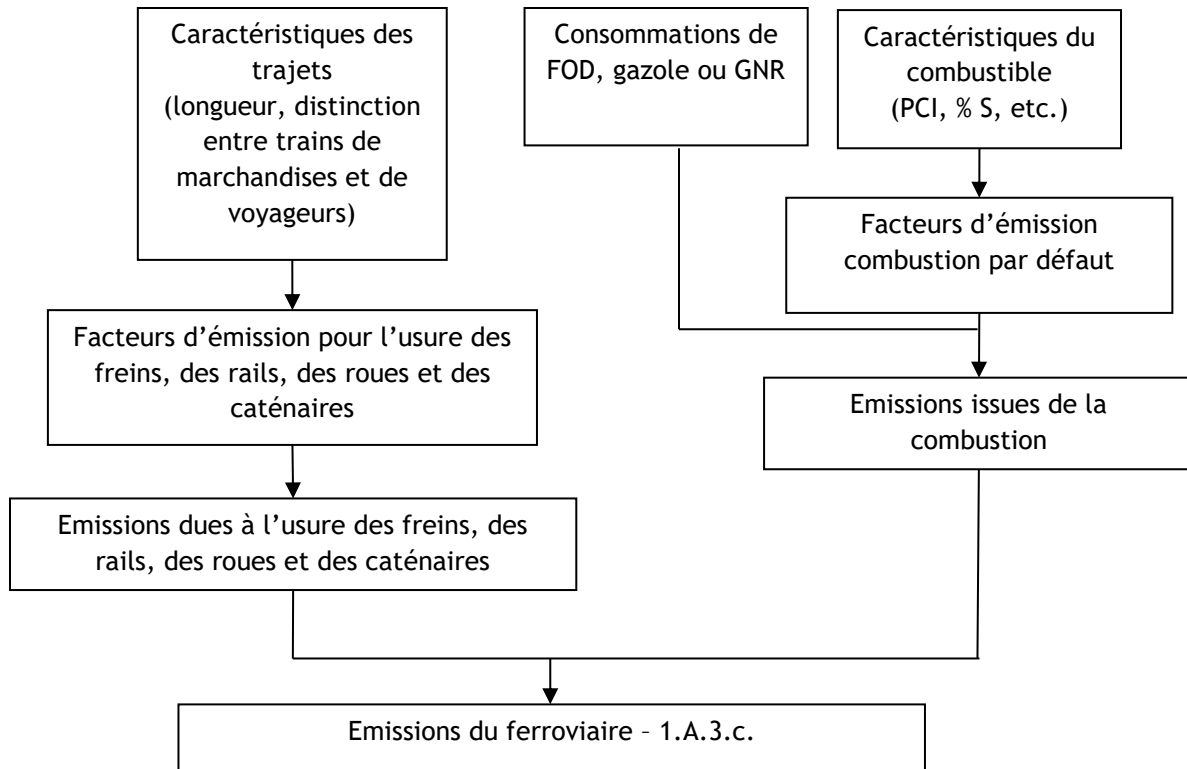


Figure 72 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.

#### 3.4.2.4. Transport maritime et par voies navigables (NFR 1A3d)

##### 3.4.2.4 Inland waterways & national navigation (shipping)

Les émissions sont calculées à partir des ventes de combustibles et de facteurs d'émissions.

##### Maritime

##### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les teneurs en soufre des différents combustibles évoluent non linéairement au cours du temps et sont très différentes d'un combustible à l'autre, cf. base de données OMINEA.

##### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Le facteur d'émission dépend du type d'équipement et de sa charge elle-même variable selon les phases. L'approche utilisée s'appuie sur des valeurs moyennes proposées dans le Guidebook EMEP [1280]. Le facteur d'émission est 1 967 g/GJ pour le fioul lourd et 1 929 g/GJ pour le diesel marin léger pour les années pré-2000 (année d'application de la première réglementation sur les NO<sub>x</sub>, i.e. Tier I). En s'appuyant sur l'étude [1220], l'hypothèse d'un renouvellement annuel de la flotte de navires de 4 % par des navires moins émetteurs de NO<sub>x</sub> (réduction de 17% des émissions annuelles) est considérée pour les années post-2000. Ainsi, le niveau de réduction annuel des émissions de NO<sub>x</sub> du secteur d'élève à 0,68%. Les facteurs d'émission de référence utilisés dans les calculs pour l'année 2019 sont issus du guide méthodologique EMEP/EEA 2023 [1280] Il s'élève à 1 727 pour le FOL et 1 695 g/GJ pour le DML.

Pour estimer les émissions de NO<sub>x</sub> issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de NO<sub>x</sub> du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Emissions de COVNM**

Le facteur d'émission dépend du type d'équipement et de sa charge elle-même variable selon les phases. L'approche utilisée s'appuie sur des valeurs moyennes proposées dans le Guidebook EMEP [1280], pour le fioul lourd le facteur d'émission est 42 g/GJ et pour le diesel marin léger 41 g/GJ.

Pour estimer les émissions de COVNM issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de COVNM du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Emissions de CO**

Le facteur d'émission dépend du type d'équipement et de sa charge elle-même variable selon les phases. L'approche utilisée s'appuie sur des valeurs moyennes proposées dans le Guidebook EMEP [1280], pour le fioul lourd le facteur d'émission est 92 g/GJ et pour le diesel marin léger 90 g/GJ.

Pour estimer les émissions de CO issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de CO du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Fautes d'informations précises pour les navires, les émissions de NH<sub>3</sub> sont calculées sur la base du facteur d'émission des bateaux de plaisance, à savoir 0,18 et 0,164 g/GJ pour le fioul lourd et le diesel marine léger, respectivement. A ce jour très peu de navires sont équipés de dispositifs d'épuration des NO<sub>x</sub> (SCR) dont la nature du dispositif peu rejeter de l'ammoniac. Cependant, la mise en place de zones d'émissions de NO<sub>x</sub> contrôlées, NECA, autour de l'Europe voire de la France devrait imposer aux navires de s'équiper en SCR ce qui pourrait faire l'objet d'une mise à jour du facteur d'émission.

Pour estimer les émissions de NH<sub>3</sub> issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de NH<sub>3</sub> du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP), PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Le facteur d'émission dépend du type d'équipement, de sa charge elle-même variable selon les phases, et du combustible. Les valeurs utilisées sont des valeurs moyennes issues du rapport d'étude sur les GES de l'OMI [1221]. Elles sont dépendantes du taux de soufre présent dans le carburant comme l'illustrent les formules ci-dessous.

$$FOL : EF_{e,PM_{10}} \left( \frac{g}{kWh} \right) = 1,35 + SFC * 7 * 0,02247 * (S - 0,0246) \quad (1)$$

$$DML : EF_{e,PM_{10}} \left( \frac{g}{kWh} \right) = 0,23 + SFC * 7 * 0,02247 * (S - 0,0024) \quad (2)$$

Avec :

- SFC : Consommation spécifique de carburant en (g/kWh)
- S : Le taux de soufre

Les valeurs de consommation spécifique (SFC<sub>i</sub>) utilisées pour obtenir des FE en g/GJ correspondent à la moyenne des SFC<sub>i</sub> des moteurs à moyenne (medium speed diesel) et faibles vitesses (slow speed diesel) issues du guide méthodologique EMEP/EEA 2023 [1280], c'est-à-dire 204 et 194 g/kWh pour le FOL et DML, respectivement.

Selon le guide méthodologique EMEP/EEA 2023 [1280], le total des poussières en suspension (TSP) est considéré comme étant composé à 100 % de particules ayant une taille inférieure à 10 micromètres et 85 % de particules ayant une taille inférieure à 2,5 micromètres.

Les PM<sub>1,0</sub> se distribuent par rapport aux TSP à raison de 92% pour le diesel et le FOL. Cette hypothèse est issue du transport routier [1281].

Pour estimer les émissions de TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les facteurs d'émission de BC sont calculés en deux temps, de la façon suivante : l'élaboration de facteurs d'émission de référence de respectivement 2,26 et 1,13 g/GJ pour les FOL et DML est faite à partir du guide méthodologique EMEP/EEA 2023 [1280]. Ces derniers sont associés à des taux de soufre de 1,42 pour le FOL et 0,09 % pour le DML. Dans un second temps, le facteur d'émission de BC est corrigé en fonction de la teneur en soufre du carburant en conservant la tendance observée dans [1222].

Pour estimer les émissions de BC issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

#### **Métaux lourds (ML)**

Pour la combustion, les facteurs d'émission des métaux lourds sont issus de la section générale *OMINEA\_1A\_fuel emission* factor pour le DML. Pour l'huile, les facteurs d'émissions sont identiques à ceux du transport routier (cf. 1.A.3.b.). En revanche, pour le fioul lourd, les facteurs d'émission proviennent de [1280] et sont les suivants :

Métal lourd	FE (mg/GJ)	
	DML/FOL	Huile
As	17,00	-
Cd	0,50	124,4
Cr	18,00	111,9
Cu	31,25	435,3
Hg	0,50	-
Ni	800	124,4
Pb	4,50	373,1
Se	5,25	-
Zn	30,00	24 875,6

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles [341] : 11,7 ng/GJ pour le Fioul lourd et 2,92 ng/GJ pour le diesel marin léger.

Pour estimer les émissions de PCDD-F issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années. Du fait que les facteurs d'émission des HAP ne sont pas estimés pour le maritime dans le guide EMEP/EEA, ceux du transport routier (cf. 1.A.3.b.) sont utilisés à défaut [1281].

Pour estimer les émissions de HAP issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles [341] : 14 µg/GJ pour le Fioul lourd et 8,76 µg/GJ pour le diesel marin léger.

Pour estimer les émissions de PCB issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles [341] : 1,95 µg/GJ pour le Fioul lourd et le diesel marin léger.

Pour estimer les émissions de HCB issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

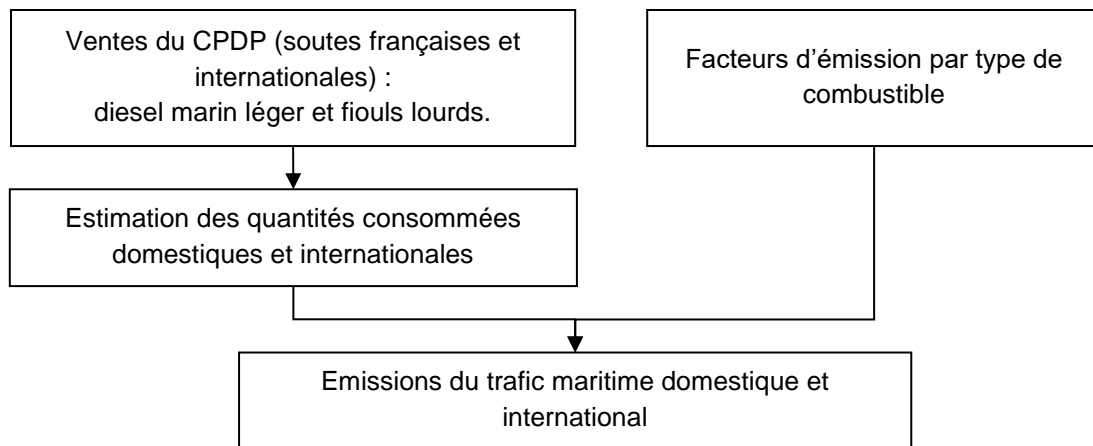


Figure 73 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport maritime

Voie navigable et plaisance**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission déterminés à partir des teneurs en soufre moyennes et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles. Ces valeurs évoluent en fonction du temps, cf. base de données OMINEA.

**Emissions de NO<sub>x</sub>, CO, COVNM et poussières totales en suspension (TSP)**

Pour les émissions de NO<sub>x</sub>, COVNM et poussières totales en suspension (TSP) les facteurs d'émission évoluent en fonction du temps en raison de l'évolution du parc et des normes d'émissions applicables. Les facteurs d'émission moyens pour des engins à moteur diesel et à moteur essence (2 et 4 temps) sont donc calculés par année à partir des références EMEP [105, 1280] et des réglementations évolutives [1209, 141, 522, 376, 1029], cf. base de données OMINEA. Concernant les émissions de particules, le guidebook n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

Pour le calcul des émissions liées au transport fluvial, il pourrait être pertinent d'appliquer des facteurs d'émissions différents à certaines voies où la taille des bateaux est plus importante (Seine aval et Rhin). Toutefois, compte tenu du peu de données disponibles et de l'impact assez faible de cet affinement à l'échelon national, cette distinction n'est pas introduite.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Pour le transport fluvial, les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables d'autant que les engins ne sont pas équipés actuellement de dispositifs d'épuration des NO<sub>x</sub> dont la nature du procédé serait susceptible de rejeter cette substance.

Pour les bateaux de plaisance, les émissions sont estimées au moyen du facteur d'émission spécifique tiré du Guidebook EMEP/EEA [1280]. La valeur est de 0,167 g/GJ pour le gazole et de 0,102 g/GJ pour l'essence.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les facteurs d'émission PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> pour le gazole et le FOD d'une part et pour l'essence d'autre part sont estimés à partir d'une étude franco-allemande [183]. La granulométrie utilisée est donc la suivante :

tranche granulométrique	% répartition des PM totales		
	gazole	essence	FOD
PM <sub>10</sub>	95	99	95
PM <sub>2,5</sub>	90	84	90
PM <sub>1,0</sub>	81	80	-

Les émissions de BC de la combustion sont calculées à partir d'une spéciation des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les ratios appliqués proviennent du guidebook EMEP/EEA [1280]. Les ratios appliqués sont de 55% de PM<sub>2,5</sub> pour le gazole et de 5% de PM<sub>2,5</sub> pour l'essence.

Il convient de préciser que la procédure de mesure réglementée pour la caractérisation de la masse des particules de gaz d'échappement des véhicules exige que les échantillons soient prélevés à une température inférieure à 52 ° C. À cette température, les particules contiennent une grande fraction d'espèces condensables. Par conséquent, les facteurs d'émission en masse de particules pour la combustion sont considérés comme comprenant à la fois des matières filtrables et condensables.

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années sauf pour le plomb des bateaux de plaisance à essence avant l'année 2001.

Les facteurs d'émissions pour les métaux lourds sont les mêmes que ceux issues de la section générale OMINEA\_1A\_fuel emission factor.

**Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Pour les bateaux de plaisance, des facteurs d'émission de 2,38 ng/GJ pour les moteurs diesel [355] et de 2,27 ng/GJ pour les moteurs à essence sont appliqués [70].

Pour le transport fluvial, le facteur d'émission utilisé est de 2,92 ng/GJ pour les moteurs diesel [341].

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible [1281], supposés constants au cours des années et communs aux bateaux de plaisance et de transport fluvial.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB liées à la combustion sont calculées sur la base d'un facteur d'émission de 8,76 µg/GJ [341].

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Le facteur d'émission de HCB pour les moteurs diesel est considéré comme constant à 1,95 µg/GJ [341]. Ceux des moteurs à essence varient en fonction de la teneur moyenne en plomb des carburants [74], cf. base de données OMINEA.

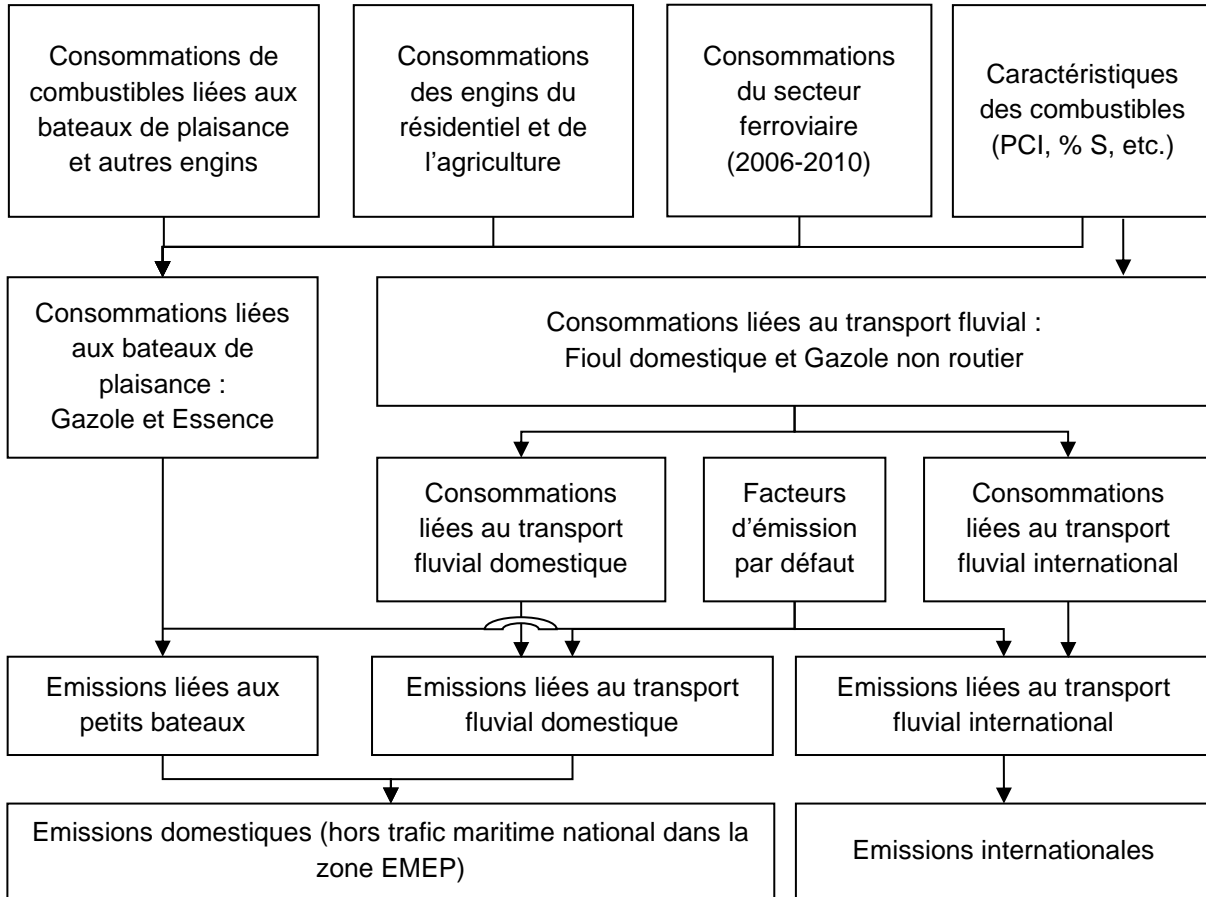


Figure 74 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport par voie navigable

**3.4.2.5. Stations de compression du réseau de transport et de distribution de gaz (NFR 1A3ei)**

*3.4.2.5 Pipeline transport*

Les données de consommation de gaz sont disponibles pour les différents sites ou entreprises [19, 29] et permettent une estimation assez fine des émissions pour la plupart des substances, notamment celles concourant à l'acidification et au changement climatique.

Les données d'activités et les émissions déclarées par les exploitants permettent de calculer des facteurs d'émission moyens représentatifs du parc français.

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> des stations de compression sont très faibles du fait de la consommation du gaz naturel. Les émissions sont issues des données des exploitants à partir de 2007. Pour la période 1990-



2007, un facteur d'émission moyen, issu des déclarations des exploitants sur la période 2007-2011 [19], est appliqué.

### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées, soit à partir de mesures à partir de 1998, soit au moyen de facteurs d'émission spécifiques aux divers équipements qui, par suite des améliorations apportées au cours du temps, décroissent d'environ un facteur 10 entre 1990 et 2010. Depuis 2005, les déclarations annuelles [19] sont utilisées.

### **Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques aux motocompresseurs et turbocompresseurs tirés du Guidebook EMEP/EEA [1186] et de l'évolution des consommations de ces équipements au cours du temps.

### **Emissions de CO**

Les émissions de CO sont en général faibles et estimées au moyen des déclarations annuelles (depuis 2007) [19]. Une moyenne du facteur d'émission entre 2007 et 2011 est utilisée pour calculer les émissions entre 1990 et 2006.

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables d'autant qu'il n'y a actuellement pas d'installation munie de dispositif d'épuration des émissions de NO<sub>x</sub> dont la nature du procédé serait susceptible de d'utiliser une solution d'ammoniac, et donc de rejeter partiellement cette substance suite à d'éventuelles fuites.

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les données issues des déclarations des exploitants ne sont pas assez exhaustives. Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques aux motocompresseurs et turbocompresseurs tirés du Guidebook EMEP/EEA [1186] et de l'évolution des consommations dans ces équipements au cours du temps. Concernant les émissions de particules, le guidebook n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les données issues des déclarations des exploitants ne sont pas assez exhaustives. Pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques aux motocompresseurs et turbocompresseurs tirés du Guidebook EMEP/EEA [1186] et de l'évolution des consommations de ces équipements au cours du temps. Les émissions de PM<sub>1,0</sub> sont supposées être égales aux émissions de PM<sub>2,5</sub>.

### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est de 2,54% selon le guide EMEP/EEA [1186].

### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions des 9 métaux lourds de l'inventaire (Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Sélénium, Zinc) sont calculées sur la base des consommations de gaz naturel et des facteurs d'émission présentés en section « 1A\_fuel emission factors ».

### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les données issues des déclarations des exploitants ne sont pas assez exhaustives. Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques aux motocompresseurs et turbocompresseurs tirés du Guidebook EMEP/EEA [1186] et de l'évolution des consommations dans ces équipements au cours du temps.

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de chacun des HAP concernés (FluorA, BaA, BahA, BaP, BbF, BghiPe, BkF, IndPy) sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à la combustion du gaz naturel, supposés

constants au cours des années et communs à plusieurs sections (cf. section « 1A\_fuel emission factors »).

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance lors de la combustion du gaz naturel.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance lors de la combustion du gaz naturel.

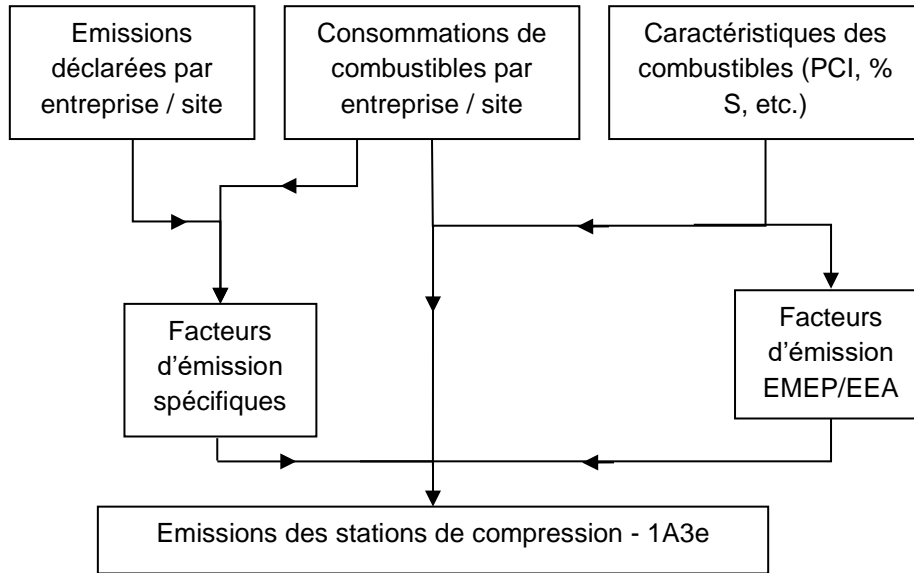


Figure 75 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.

**3.4.3 Incertitudes**

**3.4.3 Uncertainties**

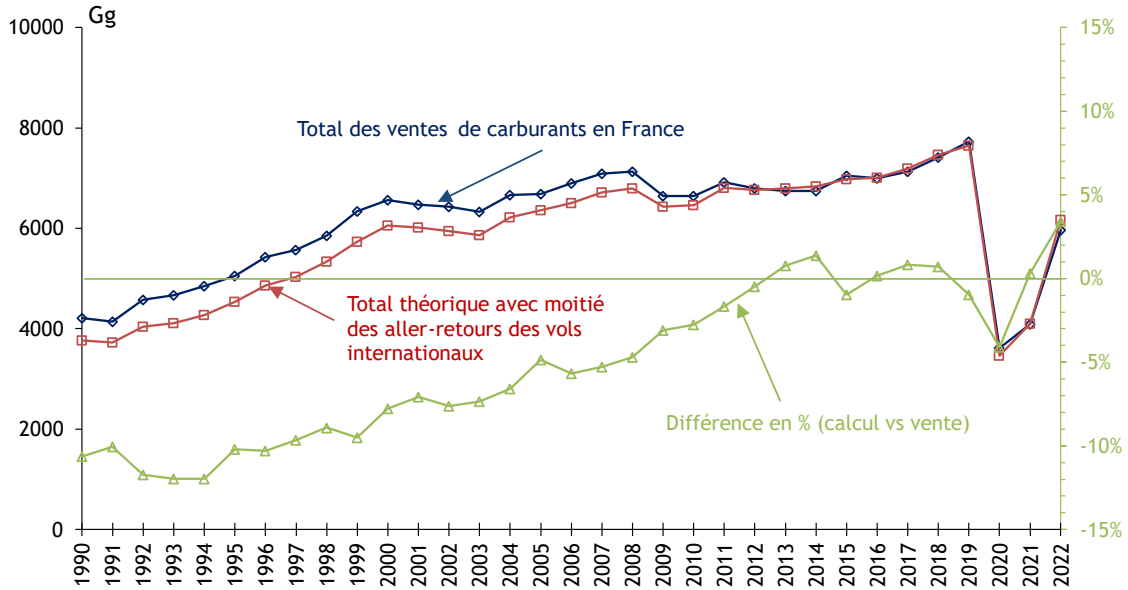
Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

L'analyse de l'incertitude est effectuée à un niveau tel de désagrégation que les incertitudes des activités et des facteurs d'émission peuvent être considérées comme indépendantes (dans la plupart des cas). Dans ce cas, l'analyse des incertitudes associées au secteur est effectuée au 3<sup>ème</sup> niveau de la catégorie NFR, c'est-à-dire le secteur des transports.

Les données d'activité pour les carburants utilisés dans le transport sont très précises en raison de statistiques précises sur les ventes totales de carburant. L'incertitude des données d'activité est ainsi égale à 3%. Concernant l'incertitude sur les facteurs d'émission, celle-ci dépend de multiples paramètres et est peu sujet à des fluctuations en moyenne.

Les incertitudes des données d'activité au niveau des transports aérien et routier peuvent être plus importantes en vue de l'écart entre les consommations théoriques et les ventes françaises.

Pour le transport aérien, la comparaison des consommations théoriques et des ventes françaises montre des différences variant de -12 % à +3,4 % selon l'année.



Source Citepa / format CCNUCC - Mars 2024

transports.xlsx/ Avion

Figure 76 : Comparaison entre les consommations théoriques du modèle et les ventes totales françaises de carburants

Pour le transport routier, les statistiques proviennent des mêmes organismes sur l'ensemble de la période. Lors de changements méthodologiques provenant, soit de la mise en place d'une nouvelle version de la méthodologie COPERT, soit de modifications dans la prise en compte des statistiques de parc, l'ensemble de la série est recalculé pour conserver la cohérence temporelle.

La comparaison des consommations sur le territoire et des ventes montre des différences variant de 1,8 % à 2,3 %.

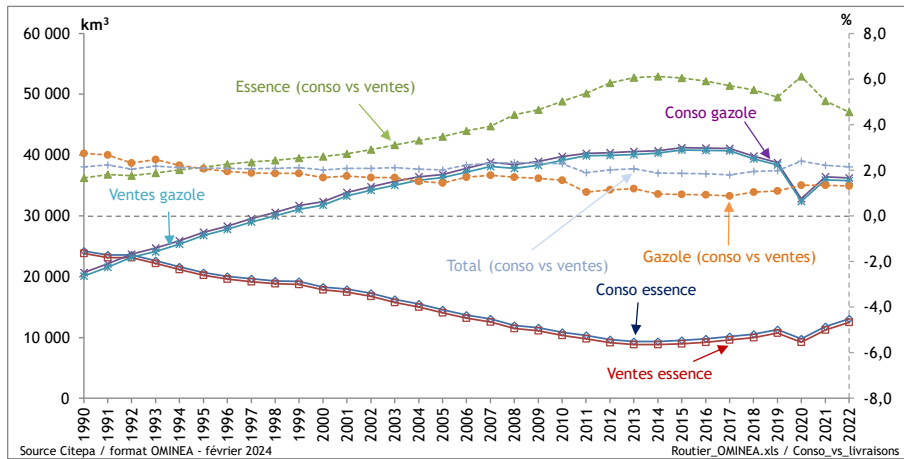


Figure 77 : Comparaison entre les consommations de carburants du routier sur le territoire et les ventes/livraisons à usage routier (en métropole)

### 3.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 3.4.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

Des dispositions spécifiques sont aussi mises en place selon les sous-secteurs :

- les bilans énergétiques sont contrôlés,

- les émissions recalculées sont vérifiées ainsi que les tendances sur la série temporelle,
- pour le secteur aérien, une revue périodique des méthodologies utilisées est assurée par un groupe de travail placé sous l'égide de la DGAC,
- une validation indirecte des émissions de CO<sub>2</sub>, pour les stations de compression, est effectuée par des organismes certifiés (désignés par le Ministère chargé de l'Environnement) dans le cadre du système d'échange de quota d'émissions (SEQE).

D'autre part, les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur.

### 3.4.5 Recalculs

#### 3.4.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5. Les recalculs par sous-secteurs (1.A.3.a ; 1.A.3.b ; 1.A.3.c ; 1.A.3.d ; 1.A.3.e.i) sont présentés ci-dessous :

Tableau 60 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A3

1.A.3.a - International & domestic aviation (civil)	
Données d'activité	Mise à jour des bases trafic par la DGAC. Ajout du biokérosène
Facteurs d'émission	Mise à jour des coefficients de la base OACI.
1.A.3.b - Road transport	
Données d'activité	Mise à jour des données de : <ul style="list-style-type: none"> <li>* Parcs et d'immatriculations à partir des données SDES / RSVERO, série 2001-2022 ;</li> <li>* Parc des deux roues à partir des données du Bilan de la sécurité routière de l'ONISR, série 2012-2022 ;</li> <li>* Bilan de la circulation (données SDES / RSVERO) : trafics (véh.km), consommations et livraisons de carburants et consommations unitaires des véhicules immatriculés en Franc, série 1990-2022.</li> </ul>
Facteurs d'émission	Mise-à-jour des facteurs d'émissions hors-échappement (abrasion des pneus, des freins et de la route) selon EMEP 2023 (COPERT version 5.7.1), suite mise-à-jour initiale dans COPERT version 5.6.1, pour véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers (tous motorisations). Mise-à-jour des facteurs d'émissions NOx, COV et CO selon EMEP 2019 (COPERT version 5.6.1), notamment : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Introduction des coefficients de dégradation « mileage correction factor » pour les véhicules particuliers (tous motorisations), véhicules utilitaires légers (tous motorisations hors GPL et GNV) et voitures (dans catégorie deux-roues diesel) ;</li> <li>○ Mise à jour des facteurs d'émissions pour les catégories suivantes :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- facteurs d'émissions des véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers Euro 6 GPL ;</li> <li>- facteurs d'émissions à froid des véhicules particuliers et véhicules utilitaires légers Euro 6 (tous motorisations hors GPL et GNV) ;</li> </ul> </li> <li>○ Introduction des émissions à froid pour les catégories suivantes : Poids-lourd, Bus et Car Euro V et VI.</li> </ul>

1.A.3.c - Railways	
Données d'activité	Mise à jour de données d'activité (2016-2019) : locomotives et manœuvre des locomotives. Mise à jour de données d'activité (2006-2019) : Usure des caténaires, freins, roues et rails. Prise en compte des dates d'application des différentes normes des engins mobiles non routier (EMNR) pour l'application des facteurs d'émission ad'hoc.
Facteurs d'émission (combustion)	Mise à jour des FE en fonction des dates d'application des normes EMNR
1.A.3.d - Inland waterways & national navigation (shipping)	
Données d'activité	Plaisance, Fluvial : Prise en compte des dates d'application des différentes normes des engins mobiles non routier (EMNR) pour l'application des facteurs d'émission ad'hoc. Maritime : Prise en compte des consommations de lubrifiants.
Facteurs d'émission (combustion)	Plaisance, Fluvial : Mise à jour des FE en fonction des dates d'application des normes EMNR Maritime : Prise en compte des émissions de NH <sub>3</sub> Prise en compte des émissions liées à la combustion de l'huile dans les moteurs 2-temps.
1.A.3.e - Pipeline transport	
FE	Correction de la série historique de SO <sub>2</sub> d'un site pour lequel on suppose une erreur de déclaration.

### 3.4.6 Améliorations envisagées

#### 3.4.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

#### Transport aérien :

Pas d'amélioration prévue.

#### Transport routier :

Suivi des mises à jour des données de parc, trafic et consommations (données SDES).

Suivi des mises à jour de la méthodologie COPERT.

Le calcul des incertitudes par la méthode de Monte-Carlo a commencé à être mis en place, mais faute de temps pour la vérification et la validation, les résultats n'ont pas pu être intégrés à cette édition.

#### Transport ferroviaire :

Pas d'amélioration prévue.

**Transport maritime, fluvial et plaisance :**

Maritime :

Mise à jour de la répartition domestique/international du maritime en métropole sur la base des données AIS.

Fluvial/plaisance :

Pas d'amélioration prévue.

**Autres transports :**

Pas d'amélioration prévue.

## 3.5 Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture / Sylviculture / Pêche (NFR 1A4)

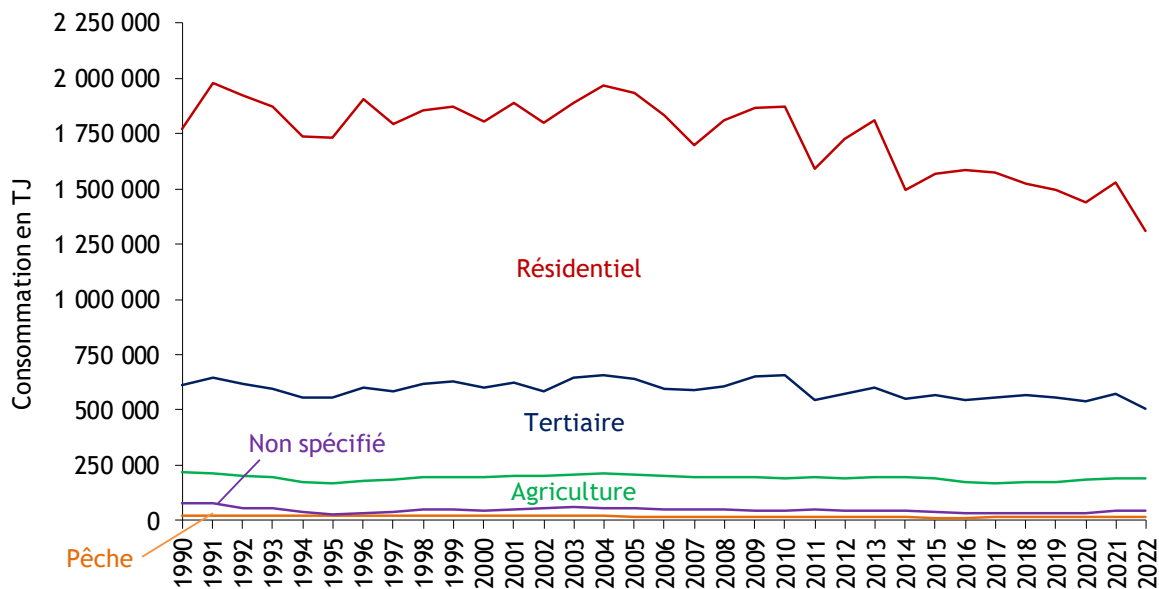
### 3.5 Commercial / Tertiary, Residential, Agriculture / Forestry / Fishing

#### 3.5.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 3.5.1 Main features

Ce secteur regroupe les autres activités consommatrices d'énergie que sont les activités commerciale et tertiaire, le secteur résidentiel et l'agriculture/sylviculture/pêche. Pour des raisons de confidentialité, les activités militaires sont aussi prises en compte dans cette section. Les usages énergétiques de ces activités reposent pour une part importante sur le chauffage qui est directement lié à la rigueur climatique. Le graphique ci-dessous rappelle les consommations d'énergie de ce secteur. Les variations interannuelles illustrent les effets de la rigueur du climat.

#### Consommations d'énergie hors industrie et transports (périmètre France UE)



source Citepa/format CCNUCC - mars 2024

Graph\_1A4.xlsx/Consos

Figure 78 : Consommation d'énergie finale dans les différents sous-secteurs (Périmètre France UE)

Une tendance au recours accru au gaz naturel est observée depuis 1990, notamment dans les secteurs résidentiel et tertiaire. Ce secteur se caractérise par un grand nombre de sources individuelles généralement de taille unitaire réduite mais qui couvre un domaine très étendu tant en ce qui concerne la nature que les conditions de fonctionnement de ces sources.

La grande diversité et le nombre important de sources conduisent à adopter une approche statistique dans la détermination des activités et des émissions à l'exception de quelques installations de taille importante qui peuvent faire l'objet d'estimations plus spécifiques.

Les activités prises en compte ici sont :

- les sources fixes (chaudières, inserts, poêles, etc.),
- les sources mobiles hors transports telles que tracteurs, groupes électrogènes, outils de jardinage mais aussi les bateaux de pêche.

La méthodologie d'estimation des émissions associées à la combustion du bois dans les équipements de chauffage domestique a été profondément revue dans l'édition 2023 des inventaires nationaux, les détails sont indiqués en annexe 2.

### 3.5.1.1. Commercial/Tertiaire (NFR 1A4a)

#### 3.5.1.1 Commercial / institutional

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 1A4a est source clé :

Tableau 61 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4a est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO <sub>2</sub>	10	3,0%	-	-
Ni	-	-	6	8,0%

Cette section concerne les activités commerciales, institutionnelles et tertiaires consommatrices d'énergie. Les usages énergétiques de ces activités reposent pour une part importante sur la production de chaleur (chauffage) pour différents types de bâtiments (bureaux, commerces, hôpitaux, universités, datacenters, bâtiments collectifs d'habitation, etc.).

Enfin, les émissions liées aux zones aéroportuaires (hors aéronefs) ou aux ports maritimes (hors bateaux) sont aussi prises en compte dans ce secteur commercial/tertiaire. La distinction entre les installations fixes et mobiles n'est pas connue à ce jour ainsi toutes les émissions liées à ces sous-secteurs sont considérées dans le 1A4a.

### 3.5.1.2. Résidentiel (NFR 1A4b)

#### 3.5.1.2 Residential

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 1A4b est source clé :

Tableau 62 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4b est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NO <sub>x</sub>	4	5,8%	-	-
COVNM/NMVOCS	4	14,1%	2	15,6%
SO <sub>2</sub>	4	9,7%	4	6,0%
PM <sub>2,5</sub>	1	57,5%	1	48,5%
PM <sub>10</sub>	1	39,5%	1	43,0%
TSP	3	13,2%	1	35,1%
BC	1	53,6%	2	18,6%
CO	1	47,5%	2	9,8%
Pb	3	14,4%	-	-
Cd	5	7,6%	-	-
Hg	7	5,2%	-	-
As	2	24,5%	3	14,4%
Cr	2	21,2%	-	-
Ni	5	7,3%	-	-
Se	2	11,0%	1	30,0%
Zn	2	10,9%	-	-
PCDD/F	2	20,6%	-	-
HAP / HAPs	1	79,4%	1	58,4%
PCB	2	26,1%	-	-

Les installations concernées par cette section sont essentiellement les suivantes :

- Sources fixes du secteur résidentiel : installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et divers équipements ménagers (cuisson, agrément) ;
- Sources mobiles du secteur résidentiel : équipements de machinerie tels que les groupes électrogènes ou les outils de jardinage (tondeuses, débroussailleuses, etc.). Les engins de



transport sont exclus de cette section et inclus dans les sections relatives aux modes de transport correspondants. Une partie de ces engins est utilisée à des fins professionnelles par des prestataires de service mais, dans l'ensemble, la plus grande partie se trouve employée par des particuliers et il est donc considéré que tous ces appareils font partie du secteur résidentiel.

### 3.5.1.3 Agriculture, pêche et sylviculture (NFR 1A4c)

#### 3.5.1.3 Agriculture, Forestry and Fishing

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 1A4c est source clé :

Tableau 63 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4c est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	3	6,1%	4	7,6%
PM <sub>2,5</sub>	-	-	4	4,9%
PM <sub>10</sub>	-	-	6	4,4%
BC	-	-	3	15,9%

#### Sources fixes

La consommation de combustibles fossiles et de biomasse des sources fixes agricoles est déterminée à partir du bilan de l'énergie produit annuellement par le SDES [1] pour la métropole. Pour la biomasse, une distinction supplémentaire est effectuée pour distinguer les équipements d'une puissance nominale inférieure à 1 MW de ceux d'une puissance nominale entre 1 et 20 MW, sur la base de données annuelles du CIBE [1211].

La part de biométhane consommé est retranchée de la consommation de gaz naturel à partir des données fournies dans le bilan de l'énergie [1].

#### Sources mobiles : agriculture et sylviculture

Les équipements mobiles dans les secteurs agricoles et sylvicoles sont supposés consommer la totalité des consommations de FOD, de GNR et d'essence indiquées dans les bilans énergétiques du SDES [1].

Les parcs de tracteurs agricoles, de moissonneuses et de motoculteurs sont issus du CPDP [14] et de l'Agreste [333]. Des évolutions dans les séries statistiques ont conduit à extrapoler le parc entre les années où des données sont disponibles (1988, 2000, 2005 et 2013).

Les parcs d'engins forestiers (tracteurs, débusqueuses, débardeuses) sont issus de l'Agreste [333], et extrapolés pour les années manquantes. Il est également pris en compte un parc de tronçonneuses sur la base des données disponibles [72, 73] dans les proportions respectives de 50% et 35% pour l'agriculture et la sylviculture. Le solde est supposé appartenir au secteur résidentiel/tertiaire. Les caractéristiques relatives à l'utilisation de ces engins sont déterminées à partir des données disponibles dans plusieurs sources [71, 75].

L'ensemble de ces hypothèses reste approximatif mais permet de déterminer des consommations d'énergie. Ces dernières sont consolidées grâce aux consommations fournies par les bilans énergétiques ce qui permet de s'affranchir, dans une certaine mesure, des risques de double compte dans les parcs de machines.

#### Sources mobiles : pêche

Le calcul est basé sur la détermination d'un parc de bateaux de pêche par motorisation, par norme et par puissance, auquel il est attribué des heures de navigation afin d'obtenir un parc flottant en kWh. Cette distribution du parc flottant est ainsi appliquée aux données de consommation afin d'estimer les niveaux de polluants selon la méthode de rang 2 à partir de facteurs d'émission en g/t ou g/GJ.

#### Détermination du parc statique de bateaux de pêche

Les bateaux de pêche à moteur diesel sont classifiés selon :

- La norme d'émission dans le cadre de la convention MARPOL [1146, 1147] :

- TIER 0 : les bateaux mis en marché avant 2000 ;
- TIER I : les bateaux mis en marché entre 2000 et 2009 (inclus) ;
- TIER II : les bateaux mis en marché entre 2010 et 2015 (inclus) ;
- TIER III : les bateaux mis en marché à partir de 2016
- La motorisation : moteurs à haute vitesse (HSD), moteurs à moyenne vitesse (MSD).

Les bateaux de pêche naviguant à l'essence sont classifiés selon :

- La norme d'émission dans le cadre de la directive (UE) n° 2003/44 [1148] :
  - *Pre-control* : les bateaux mis en marché avant 2006 ;
  - *Stage I* : les bateaux mis en marché à partir de 2006.
- La motorisation : moteurs 2 temps et à 4 temps.

La répartition du parc statique, par puissance moteur et année de mise en service, est calculée à partir des données statistiques ([1149]). Il en résulte un parc statique de navires par puissance moteur (kW), par motorisation et norme.

#### Détermination du parc flottant de bateaux de pêche

Le parc flottant est déterminé à partir du parc statique précédemment estimé, de la part inactive de navire et du nombre d'heure en mer des navires actifs.

A partir des statistiques ([1150]) la part inactive de bateaux et le nombre de jours en mer par type de navire sont estimés. Il en résulte un parc flottant de navires par motorisation, par norme et par puissance mise en jeu (kWh).

L'hypothèse de répartition constante entre 25% de bateaux à moteurs 2-temps et 75% à 4-temps est considérée pour les bateaux essence.

Une répartition en pourcentage des normes par motorisation est calculée pour répartir les consommations de carburants.

#### Les ventes de carburants à destination des bateaux de pêche

Pour la métropole, les consommations de carburants sont les suivantes :

- Fioul lourd (FOL) : Les consommations sont issues du CPDP [14] qui fournit les consommations totales attribuées à la pêche. A noter que depuis 1997 il n'y a plus de ventes de FOL pour la pêche.
- Gazole pêche : Les consommations sont issues du bilan d'énergie de la France Métropolitaine [1].
- Essence : Les consommations sont issues du CPDP [14] qui fournit les consommations totales attribuées à la pêche.
- Lubrifiant : La consommation d'huile 2-temps mélangée et brûlée avec l'essence est calculée en prenant en compte l'hypothèse d'un mélange à hauteur de 3 % en volume.

Pour les Départements-Régions d'Outre-mer (DROM), les consommations totales de combustibles (gazole et essence) sont établies selon le bilan d'énergie réalisé au Citepa [666].

La répartition en pourcentage du parc flottant obtenue auparavant (par motorisation et par norme) est appliquée aux consommations totales par type de combustible.

La pêche est affectée en totalité au périmètre national même si les zones de pêche s'étendent bien au-delà des eaux territoriales et des zones économiques exclusives (ZEE).

## 3.5.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 3.5.2 Methods for estimating emissions

#### 3.5.2.1 Commercial/Tertiaire (NFR 1A4a)

##### 3.5.2.1 Commercial / institutional

Les installations du secteur tertiaire sont distinguées en deux catégories :

- Installations de puissance supérieure à 50 MW : ces installations sont recensées individuellement chaque année dans le cadre de l'inventaire GIC (Grandes Installations de Combustion) [39] et leurs consommations sont donc connues de façon exhaustive ;
- Installations de puissance inférieure à 50 MW : les consommations de ces installations sont tirées du bilan national de l'énergie [1]. Une distinction supplémentaire est effectuée pour distinguer les équipements inférieurs à 1 MW pour la biomasse uniquement (déterminés à partir des données annuelles du CIBE [1211]).

Les consommations des installations tertiaires sont intégrées dans le secteur « Commercial et services publics » du bilan énergétique national [1]. Ce bilan n'englobe pas les consommations d'énergie liées aux activités de la Défense dont la décomposition en divers sous-produits est comprise dans le secteur « non spécifié ».

La part utilisée pour les sources mobiles (engins terrestres, maritimes et aériens) est de fait assimilée à des sources fixes (donc à des équipements de natures très différentes). L'approximation induite par cette disposition engendre des écarts relativement limités sur les émissions globales en raison de la part faible d'énergie concernée (quelques pour cent de la consommation du secteur) et varient selon les substances, allant d'une valeur proche de zéro pour le CO<sub>2</sub> à des valeurs qui sont certainement plus significatives pour les NO<sub>x</sub> ou le CO par exemple.

Les données complémentaires disponibles dans les services en charge du bilan énergétique national [1] et publiées par le CPDP [14] permettent une distinction plus fine vis-à-vis de certains combustibles comme le gazole non routier (GnR), de la répartition entre secteurs résidentiel et tertiaire ainsi que parmi les usages (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson).

La part de biométhane consommée est retranchée de la consommation de gaz naturel à partir des données du bilan énergétique national annuel [1] et des publications annuelles du panorama du gaz renouvelable [1112].

Il est à noter que les consommations d'énergie de ce secteur sont directement liées à la rigueur climatique.

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe et/ou à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leur teneur en soufre recensées chaque année.

Pour les autres installations, les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe et/ou à partir de facteurs d'émission.

Pour les autres installations, les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de NO<sub>x</sub> des installations inférieures à 20 MW et pour celles inférieures à 1 MW fonctionnant à la biomasse [1212].

**Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de COVNM des installations inférieures à 20 MW faisant partie du Fond Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004] ainsi que pour les FE des installations inférieures à 1 MW [1212].

**Emissions de CO**

Les émissions de CO sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie). Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de COVNM pour les installations inférieures à 1 MW fonctionnant à la biomasse [1212].

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission par défaut par combustible (cf. section générale énergie).

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de TSP sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe et/ou à partir de facteurs d'émission.

Pour les autres installations, les émissions de TSP sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie sauf pour certains combustibles pour lesquels les valeurs utilisées proviennent de la référence [42].

Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de TSP des installations inférieures à 20 MW faisant partie du Fond Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004].

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

La granulométrie est obtenue en appliquant des profils granulométriques moyens par combustibles, et techniques de dépoussiérage et les hypothèses suivantes :

- Installations de puissance supérieure à 50 MW : ces installations sont supposées être équipées à 50 % de cyclones et à 25% d'électrofiltres (les installations restantes n'étant pas équipées de dépoussiéreurs) ;
- Installations de puissance inférieure à 50 MW : ces installations sont supposées être équipées à 75% de cyclones (les installations restantes n'étant pas équipées de dépoussiéreurs).

Les profils granulométriques moyens par combustible sont présentés dans la section générale énergie sauf en ce qui concerne quelques combustibles pour lesquels des valeurs plus appropriées sont tirées de la référence [183].

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient des références [936][1273].

Les ratios retenus pour dépendent de la puissance de l'équipement :

Equipements > 50 MW :

- 2,2% pour les combustibles solides hors biomasse,
- 15% pour la biomasse solide,
- 5,6% pour les combustibles liquides - FOL,
- 33,5% pour les combustibles liquides - FOD,
- 2,5% pour les combustibles gazeux (hors biogaz),
- 4% pour le biogaz.

Equipements < 50 MW :

- 6,4% pour les combustibles solides (hors bois),
- 28% pour le bois,
- 56% pour les combustibles liquides,
- 4% pour les combustibles gazeux.

#### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Pour l'arsenic (As), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le nickel (Ni) et le plomb (Pb), des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés pour les installations de puissance inférieure à 20 MW ou inférieure à 1MW fonctionnant au bois [1212].

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines/furannes sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie.

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy).

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie sauf pour le bois et les déchets de bois pour lesquels les valeurs utilisées proviennent de la référence [67].

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

#### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

### **3.5.2.2. Résidentiel (NFR 1A4b)**

#### **3.5.2.2 Residential**

##### **Sources mobiles**

Les équipements mobiles dans le secteur résidentiel consommateurs d'énergie fossile sont nombreux et divers. Leur identification et leur dénombrement sont délicats car il n'existe pas de statistique spécifique et fiable concernant les parcs et les consommations d'énergie.

A partir des données disponibles sur les ventes [72, 73], de caractéristiques d'utilisation de ces équipements [71] et de diverses hypothèses relatives à l'importation et à l'exportation, à l'utilisation des tailles d'équipements dans le secteur visé, etc., les parcs des engins et leurs consommations sont estimées pour l'année 1990. Pour les années suivantes, l'évolution des consommations est ajustée proportionnellement à l'évolution de la population métropolitaine française. Il est fait l'hypothèse que la consommation de gazole est le fait de groupes électrogènes et que la consommation d'essence est principalement le fait de groupes électrogènes et d'engins de jardinage.

Compte tenu des approximations importantes, il est fait l'hypothèse que tous les équipements considérés dans cette section appartiennent au secteur résidentiel et qu'aucun n'appartient au secteur tertiaire. Cette hypothèse n'engendre pas d'erreur autre qu'un biais dans la répartition des sous-secteurs, supposé relativement faible car la majeure partie de ces équipements est utilisée par des particuliers.

**Sources fixes**

Les consommations des installations résidentielles sont intégrées dans le secteur « résidentiel » du bilan énergétique national [1]. Ces données incluent bien le bois récolté par des particuliers hors du marché économique conventionnel.

Les données complémentaires disponibles dans les services en charge du bilan énergétique national [1] et publiées par le CPDP [14] permettent une distinction plus fine vis-à-vis des combustibles, notamment pour la gazole non routier (GnR), de la répartition entre secteurs résidentiel et tertiaire ainsi que parmi les usages (chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson).

L'estimation des émissions liées à l'usage du bois dans les appareils domestiques individuels est réalisée à l'aide d'une méthodologie spécifique permettant la prise en compte de la diversité des appareils domestiques de chauffage au bois. En effet, les facteurs d'émission varient fortement d'un type d'équipement à un autre, c'est pourquoi les émissions de ce secteur sont calculées à partir d'un parc d'équipements. Ce parc est estimé, d'une part, à partir de données du CEREN et de l'INSEE [421] proposant des distributions d'équipements au regard de certaines années et, d'autre part, des données de ventes d'équipements fournies par Observ'ER [422]. La part spécifique de consommation des granulés de bois (généralement moins émissifs) est en forte hausse et est prise en compte à partir de l'année 2004 [1]. La répartition des consommations selon le type d'appareil est présentée dans la base de données OMINEA.

La part de biométhane consommée est retranchée de la consommation de gaz naturel à partir des données du bilan énergétique national annuel [1] et des publications annuelles du panorama du gaz renouvelable [1112].

Il est à noter que les consommations d'énergie de ce secteur sont directement liées à la rigueur climatique.

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

**Emissions de NO<sub>x</sub>**Sources fixes

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible [459].

Une évolution temporelle des émissions de NO<sub>x</sub> des chaudières domestiques fonctionnant au gaz naturel a été implémentée pour prendre en compte l'amélioration de la performance des brûleurs sur la période, supposant un taux de renouvellement constant de 4% sur la période [1005].

Gaz naturel	Période	FE NO <sub>x</sub> (g/GJ)	Source
Chaudières domestiques au gaz naturel	1970 - 1989	70	[580]
	1990 - 2004	42	[459]
	2004 - 2018	19	[1006]

Pour la combustion du bois domestique, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés selon le type d'appareils et selon leurs performances, déterminés à partir des lignes directrices EMEP/EEA [1214] :

Bois	Période d'installation des appareils	FE NO <sub>x</sub> (g/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2010)	80	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005)	87,5	-

Bois	Période d'installation des appareils	FE NO <sub>x</sub> (g/GJ)	Source
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	95	
Poêles, inserts et cuisinières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2010)	50	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005)	80	
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	95	
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction	50	
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction	80	

### Sources mobiles

Avant 2005, les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission moyens par combustible [71]. A partir de 2005, les prescriptions de la directive 2002/98/CE relative aux moteurs à combustion interne des engins mobiles non routiers sont prises en compte pour le calcul de facteurs d'émission [423], ce qui entraîne une évolution temporelle de ceux-ci.

Pour information les facteurs d'émission correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins essence sont présentés ci-après :

Engin	Etape	FE NO <sub>x</sub> (g/GJ)
Groupes électrogènes	Pré directive	253
	Stage I	310
	Stage II	310
Tondeuses	Pré directive	325
	Stage I	319
	Stage II	319
Micro tracteurs	Pré directive	170
	Stage I	198
	Stage II	179
Débroussailleuses	Pré directive	68
	Stage I	68
	Stage II	60
Tronçonneuses	Pré directive	73
	Stage I	73
	Stage II	75

### **Emissions de COVNM**

#### Sources fixes

Les émissions de COVNM sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible [459].

Pour la combustion du bois domestique, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés selon le type d'appareils et selon leurs performances, déterminés à partir de plusieurs études [67][338].

#### Sources mobiles

Avant 2005, les émissions de COVNM sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission moyens par combustible [71]. A partir de 2005, les prescriptions de la directive 2002/98/CE relative aux moteurs à combustion interne des engins mobiles non routiers sont prises en compte pour le calcul de facteurs d'émission [423], ce qui entraîne une évolution temporelle de ceux-ci.

Pour information les facteurs d'émission correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins essence sont présentés ci-après :

Engin	Etape	FE COVNM (g/GJ)
Groupes électrogènes	Pré directive	1 010
	Stage I	706
	Stage II	706
Tondeuses	Pré directive	1 039
	Stage I	726
	Stage II	726
Micro tracteurs	Pré directive	909
	Stage I	563
	Stage II	509
Débroussailleuses	Pré directive	15 909
	Stage I	7 318
	Stage II	3 212
Tronçonneuses	Pré directive	11 364
	Stage I	10 955
	Stage II	2 198

#### **Emissions de CO**

##### Sources fixes

Les émissions de CO sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible [67] et [459].

##### Sources mobiles

Avant 2005, les émissions de CO sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission moyens par combustible. A partir de 2005, les prescriptions de la directive 2002/98/CE relative aux moteurs à combustion interne des engins mobiles non routiers sont prises en compte pour le calcul de facteurs d'émission [423], ce qui entraîne une évolution temporelle de ceux-ci.

Pour information les facteurs d'émission correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins essence sont présentés ci-après :



Engin	Etape	FE CO (g/GJ)
Groupes électrogènes	Pré directive	15 783
	Stage I	15 783
	Stage II	15 783
Tondeuses	Pré directive	32 468
	Stage I	32 468
	Stage II	32 468
Micro tracteurs	Pré directive	17 045
	Stage I	17 045
	Stage II	17 045
Débroussailleuses	Pré directive	22 727
	Stage I	22 727
	Stage II	22 727
Tronçonneuses	Pré directive	34 091
	Stage I	34 091
	Stage II	34 091

### Emissions de NH<sub>3</sub>

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission par défaut par combustible (cf. section générale énergie).

Pour la combustion du bois domestique, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés selon le type d'appareils et selon leurs performances, déterminés à partir des lignes directrices EMEP/EEA [1214] :

Bois	Période d'installation des appareils	FE NH <sub>3</sub> (g/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2010)	74	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005)	55,5	-
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	37	
Poêles, inserts et cuisinières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2010)	57	
	Dites « récentes » (à partir de 2005)	37	
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	37	[1214]
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction	74	
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction	12	

### Emissions de poussières totales en suspension (TSP)

#### Sources fixes

Les émissions de TSP sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible [459] et [936].

Pour la combustion du bois domestique, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés selon le type d'appareils et selon leurs performances, déterminés à partir de plusieurs études [1213][1214]. Les particules dites « condensables » (qui passent à l'état solide lors du refroidissement et de la dilution des fumées) sont bien comptabilisées dans l'ensemble de facteurs appliqués :

Bois	Période d'installation des appareils	FE TSP (g/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2010)	500	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005)	300	-
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	100	[1214]
Poêles, Inserts et cuisinières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2010)	800	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005)	417	[1213]
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	282	[1213]
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction	932	[1214]
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction	62	[1214]

Ces facteurs d'émission ne prennent pas en compte les éventuelles émissions supplémentaires des phases d'allumage à froid et d'extinction du feu mais sont représentatifs d'un fonctionnement, à part égale, entre allure nominale et allure réduite (plus émissive) des appareils domestiques.

Ces facteurs d'émission ne prennent pas en compte l'évolution depuis 1990 des usages des appareils par les particuliers (méthodes d'allumage, entretien et maintenance, taux d'humidité du combustible, choix de l'essence de bois, forme des bûches, part éventuelle de bois traité ou de déchets (papier, carton ou autres), ...) qui peuvent aussi affecter de façon significatives les émissions de particules.

#### Sources mobiles

Deux types d'émissions de TSP sont déterminés pour les sources mobiles :

- Combustion de carburants : les émissions de TSP sont déterminées à partir de facteurs d'émission relatifs à la nature du carburant (essence et gazole) et au type d'engin (2 temps et 4 temps pour les engins à essence) [68] ;
- Abrasion mécanique : les émissions de TSP relatives à l'abrasion (usure des pneus, des freins, des embrayages et du revêtement routier) sont déterminées par rapport à un temps d'utilisation des engins et de facteurs d'émission moyens [68]. Seuls les microtracteurs sont supposés avoir une usure relative non négligeable et sont assimilés aux motoculteurs du secteur agricole.

#### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2.5}$ , $PM_{1.0}$**

La granulométrie est obtenue en appliquant des profils granulométriques moyens par combustible [68], [79] et [183].

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2.5}$ . Ce ratio provient des références [459][1128][1132][1271][1272].

Les ratios retenus pour dépendent des sources :

#### Sources fixes

- 6,4% pour les combustibles solides hors biomasse [1272],

- 3,9% pour les combustibles liquides [459],
- 5,4% pour les combustibles gazeux (hors biogaz) [1272].

Pour la combustion du bois domestique, des facteurs d'émission spécifiques sont utilisés selon le type d'appareils et selon leurs performances, déterminés à partir des lignes directrices EMEP/EEA [1214]. Les particules dites « condensables » sont bien comptabilisées dans l'ensemble de facteurs appliqués :

Bois	Période d'installation des appareils	FE BC (%/PM <sub>2,5</sub> )	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2010)	16%	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005)	22%	-
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	28%	
Poêles, Inserts et cuisinières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2010)	10%	
	Dites « récentes » (à partir de 2005)	16%	
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	28%	[1214]
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction	7%	
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction	15%	

#### Sources mobiles (combustion) [1128][1271]

- 5,0% et 5,1% pour l'essence et bio-essence selon l'usage,
- 60,6% pour le diesel et biodiesel.

#### Sources mobiles (abrasion) [1132]

Le ratio retenu est de 10%.

#### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie sauf pour certains combustibles pour lesquels des valeurs plus appropriées sont tirées de la référence [67]. Il est de plus fait l'hypothèse que les performances en termes de réduction d'émissions pour les métaux lourds par les générations successives d'appareils sont similaires à celles observées pour les particules.

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

##### Sources fixes

Les émissions de dioxines/furannes sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie sauf pour certains combustibles pour lesquels des valeurs plus appropriées sont tirées de la référence [67].

##### Sources mobiles

Les émissions de dioxines/furannes sont déterminées à partir de facteurs d'émission relatifs à la nature du carburant (essence et gazole) et au type d'engin (2 temps et 4 temps pour les engins à essence) [355].

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy).

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie sauf pour certains combustibles pour lesquels des valeurs plus appropriées sont tirées des références [67] et [336].

### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

#### *Sources fixes*

Les émissions de PCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie sauf pour certains combustibles pour lesquels des valeurs plus appropriées sont tirées de la référence [350].

#### *Sources mobiles*

Les émissions de PCB liées à la combustion des sources mobiles sont considérées comme nulles ou négligeables.

### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Les émissions de HCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

## **3.5.2.3 Agriculture, pêche et sylviculture (NFR 1A4c)**

### ***3.5.2.3 Agriculture, Forestry and Fishing***

- ***Agriculture/Sylviculture***

#### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission basés sur les teneurs en soufre moyennes et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles. Ces facteurs d'émission sont décrits dans la section générale sur l'énergie.

#### ***Emissions de NO<sub>x</sub>***

Pour les installations fixes, les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par combustible. Ces facteurs d'émission sont décrits dans la section générale sur l'énergie. Pour la combustion du bois, une étude sur les installations fonctionnant à la biomasse, inférieures à 1 MW et comprises entre 1 et 20 MW, donne des facteurs d'émission de NO<sub>x</sub> spécifiques [1212].

Pour les sources mobiles, les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission recalculés à partir des différents engins et des caractéristiques associées [71, 142]. Les facteurs d'émission moyens varient en fonction du temps avec la mise en œuvre des réglementations récentes et l'évolution du parc [139, 140, 142, 1029]. Enfin, une méthode d'ajustement des facteurs d'émission, en prenant en compte un facteur de détérioration selon le Stage et l'âge des machines, est appliquée aux facteurs d'émission moyens des engins diesel, selon le guide EMEP/EEA 2016 [1031].

Tableau 64 : Facteurs d'émission pour les NOx par gamme et par norme d'engin diesel

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Tracteurs agricoles	1 333	876	667	405	362	38	38
Automoteurs télescopiques	1 235	811	617	375	291	35	35
Moissonneuses batteuses	1 361	894	583	356	194	39	39
Ensileuses automotrices	1 235	811	529	323	176	35	39
Epandeur de lisier							
Motoculteurs, motofaucheuses...							
Presses à grosses balles	1 169	1 169	1 169	1 169	1 169	1 169	661
Pulvérisateurs automoteurs							
Récolteuses de maïs automotrices							
Tracteurs forestiers	1 449	952	621	380	342	41	41
Débusqueuses	1 449	952	621	380	342	41	41
Débardeuses	1 449	952	725	440	342	41	41

Tableau 65 : Facteurs d'émission pour les NOx par gamme et par norme d'engin essence

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage V
Motoculteurs	183	223	223	139
Tronçonneuses	48	71	78	78

### Emissions de COVNM

Pour les installations fixes, les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission issus d'EMEP [1033] pour les combustibles fossiles et d'une étude du Citepa [67] pour le bois. Pour la combustion du bois, les facteurs d'émission de COVNM des installations inférieures à 20 MW [1212] sont appliqués, avec une distinction pour celles faisant partie du Fond Chaleur [1004], à partir de 2010, et celles d'une puissance inférieure à 1 MW.

Pour les sources mobiles, les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission recalculés à partir des différents engins et des caractéristiques associées [71, 142]. Les facteurs d'émission moyens varient en fonction du temps avec la mise en œuvre des réglementations récentes et l'évolution du parc [139, 140, 142, 1029]. Enfin, une méthode d'ajustement des facteurs d'émission, en prenant en compte un facteur de détérioration selon le Stage et l'âge des machines, est appliquée aux facteurs d'émission moyens des engins diesel, selon le guide EMEP/EEA 2016 [1031].

Tableau 66 : Facteurs d'émission pour les COVNM par gamme et par norme d'engin diesel

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Tracteurs agricoles	224	124	124	43	38	18	18
Automoteurs télescopiques	182	115	115	39	17	17	17
Moissonneuses batteuses	126	126	97	32	18	18	18
Ensileuses automotrices	115	115	88	29	17	17	17
Epandeur de lisier							
Motoculteurs, motofaucheuses...							
Presses à grosses balles	357	357	357	357	357	357	67
Pulvérisateurs automoteurs							
Récolteuses de maïs automotrices							
Tracteurs forestiers	135	135	104	35	31	20	20
Débusqueuses	199	135	104	35	31	20	20
Débardeuses	219	135	135	46	41	20	20

Tableau 67 : Facteurs d'émission pour les COVNM par gamme et par norme d'engin essence

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage V
Motoculteurs	1 081	508	508	316
Tronçonneuses	11 837	11 411	2 289	2 289

### Emissions de CO

Pour les installations fixes, les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission tirés du guide EMEP/EEA [1033]. Pour la combustion du bois, une distinction est faite pour les facteurs d'émission pour les installations inférieures à 1 MW et celles entre 1 et 20 MW [1212].

Pour les sources mobiles, les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission recalculés à partir des différents engins et des caractéristiques associées [71, 142]. Les facteurs d'émission moyens varient en fonction du temps avec la mise en œuvre des réglementations récentes et l'évolution du parc [139, 140, 142, 1029]. Une méthode d'ajustement des facteurs d'émission, en prenant en compte un facteur de détérioration selon le Stage et l'âge des machines, est appliquée aux facteurs d'émission moyens des engins diesel, selon le guide EMEP/EEA 2016 [1031]. Des valeurs élevées de l'ordre de 30 000 g/GJ sont utilisées pour l'essence compte tenu des modes d'utilisation de la plupart de ces engins (accélérations fréquentes) et de l'introduction de dispositions limitatrices des émissions que très récemment et n'affectant pas la plus grande partie du parc.

Tableau 68 : Facteurs d'émission pour le CO par gamme et par norme d'engin diesel

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Tracteurs agricoles	497	472	472	472	472	472	472
Automoteurs télescopiques	405	334	334	334	334	334	334
Moissonneuses batteuses	292	292	292	292	292	292	292
Ensileuses automotrices	265	265	265	265	265	265	265
Epandeur de lisier Motoculteurs, motofaucheuses...							
Presses à grosses balles	783	783	783	783	783	783	617
Pulvérisateurs automoteurs Récolteuses de maïs automotrices							
Tracteurs forestiers	311	311	311	311	311	311	311
Débusqueuses	445	445	445	445	445	445	445
Débardeuses	488	488	488	488	488	488	488

Tableau 69 : Facteurs d'émission pour le CO par gamme et par norme d'engin essence

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage V
Motoculteurs	22 727	22 727	22 727	22 727
Tronçonneuses	33 144	33 144	33 144	33 144

### Emissions de NH<sub>3</sub>

Les émissions de NH<sub>3</sub> des sources fixes sont supposées globalement négligeables pour les combustibles autres que le bois, d'autant plus qu'il n'y a actuellement pas d'installation munie de dispositif d'épuration des NO<sub>x</sub> dont la nature du procédé serait susceptible de rejeter cette substance. Les émissions de NH<sub>3</sub> liées à la combustion de bois sont estimées au moyen de facteurs d'émission tirés du guide EMEP/EEA [1034].

Les émissions de NH<sub>3</sub> des sources mobiles sont estimées à partir des facteurs d'émission proposés dans le guide EMEP/EEA [935].

### Emissions de particules liées à la combustion (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1,0</sub>)

Pour les installations fixes, les émissions de TSP sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par combustible proposés par le guide EMEP/EEA [17] pour le secteur tertiaire. Pour la combustion de bois, une distinction est faite à partir de 2010 avec l'intégration de facteurs spécifiques pour les installations faisant partie du Fond Chaleur [1004]. Les émissions de PM sont estimées avec une granulométrie identique à celle utilisée dans le secteur tertiaire. En ce qui concerne la considération ou non de la partie condensable des particules, aucune précision n'est donnée pour le fioul lourd et la biomasse alors que seule la partie filtrable est considérée pour la combustion de charbon, de gaz naturel et de GPL.

Pour les sources mobiles, les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission recalculés à partir des différents engins et des caractéristiques associées [71, 142]. Les facteurs d'émission moyens varient en fonction du temps avec la mise en œuvre des réglementations récentes et l'évolution du parc [139, 140, 142, 1029]. Dans la référence sur laquelle les FE pré-directive sont extraits [71], aucune précision n'est donnée quant à l'inclusion ou non de la partie condensable dans les émissions de particules. Enfin, une méthode d'ajustement des facteurs d'émission, en prenant en compte un facteur de détérioration selon le Stage et l'âge des machines, est appliquée aux facteurs d'émission moyens des engins diesel, selon le guide EMEP/EEA 2016 [1031].

Tableau 70 : Facteurs d'émission pour les TSP par gamme et par norme d'engin diesel

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Tracteurs agricoles	140	77	36	36	2	2	1
Automoteurs télescopiques	140	84	40	40	2	2	2
Moissonneuses batteuses	140	69	25	25	3	3	2
Ensileuses automotrices	140	69	25	25	3	3	2
Epandeur de lisier							
Motoculteurs, motofaucheuses...							
Presses à grosses balles	140	140	140	140	140	140	25
Pulvérisateurs automoteurs							
Récolteuses de maïs automotrices							
Tracteurs forestiers	126	62	23	23	2	3	2
Débusqueuses	126	65	28	28	2	2	1
Débardeuses	126	74	35	35	2	2	1

Pour les sources mobiles, les facteurs d'émission  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  sont estimés à partir des données disponibles auprès du CEPMEIP [49].

#### ***Emissions de particules liées à l'abrasion mécanique (TSP, $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ )***

Les émissions de particules totales relatives à l'abrasion (usure des pneus, des freins, des embrayages et du revêtement routier) sont déterminées par rapport au temps d'utilisation des engins. Les facteurs d'émission TSP sont estimés à partir des facteurs d'émission  $PM_{10}$  fournis par l'OFEFP [68] et du ratio TSP/ $PM_{10}$  déduit de valeurs moyennes obtenues pour les engins routiers. Cette référence OFEFP [68] produit une information détaillée par type d'abrasion (pneumatiques, freins, embrayages et revêtement routier). Les tracteurs, moissonneuses, débardeuses et débusqueuses sont assimilés aux poids lourds tandis que les motoculteurs sont assimilés aux véhicules particuliers. Les facteurs d'émission utilisés dans l'inventaire ont été estimés en considérant que les tracteurs fonctionnent uniquement 5% de leur temps sur un revêtement routier.

En ce qui concerne les motoculteurs, l'abrasion du revêtement routier est supposée ne pas avoir lieu et pour les équipements non munis de roues (tronçonneuses), il est supposé qu'il n'y ait pas d'émission liée à l'abrasion.



Tableau 71 : Facteurs d'émission pour les particules liées à l'abrasion

Type d'engins	g TSP / h	g PM <sub>10</sub> / h	g PM <sub>2,5</sub> / h
Tracteurs, moissonneuses, désherbeuses, etc.	6,7	3,2	1,7
Motoculteurs	7,3	1,3	0,3

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>.

Les ratios retenus dépendent des sources :

Sources fixes [681, 1033]

- 6,4% pour les combustibles solides (hors bois),
- 28% pour le bois,
- 56% pour les combustibles liquides,
- 4% pour le gaz naturel.

Sources mobiles (combustion) [935, 938]

Les ratios retenus sont différents selon les combustibles considérés :

- Diesel : ratio fixe BC par rapport aux TSP évoluant selon les normes de moteurs [938]. Le ratio final BC (en % PM<sub>2,5</sub>) varie donc annuellement selon l'évolution du parc des engins (cf. base de données),
- Essence : 5%.

**Emissions de métaux lourds (ML)**

Les émissions des métaux lourds sont calculées à partir de facteurs d'émission par combustible détaillés dans la section générale énergie (à l'exception des émissions liées à l'essence).

Les engins à moteur 2 temps fonctionnant à l'essence ont des émissions de métaux plus élevées du fait de l'huile introduite dans le mélange qui en contient. Pour les engins à moteur 4 temps consommant de l'essence, les facteurs d'émission sont issus de la publication de PULLES T. [675]. Pour les engins à moteur 2 temps consommant de l'essence, le guide EMEP / EEA [935] fournit des facteurs d'émission pour six des neuf métaux lourds inventoriés. Pour l'arsenic, le mercure et le plomb, qui manquent dans le guide EMEP/EEA, les facteurs d'émission des moteurs 4 temps [675] sont affectés aux moteurs 2-temps.

Pour les carburants d'origine biomasse, les mêmes facteurs d'émission en unité massique (i.e., en mg/t) que pour leurs composantes fossiles sont appliqués, mais différent en unité énergétique (i.e., en mg/GJ) car les PCI évolutifs des biocarburants sont considérés.

**Emissions de dioxines et furannes (PCDD-F)**

Pour les installations fixes, les émissions de dioxines et furannes sont calculées à partir de facteurs d'émission par combustible détaillés dans la section générale énergie.

Pour les sources mobiles, le facteur d'émission est issu d'un outil spécialisé (Toolkit) développé par le PNUE [355].

**Emissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**

Les émissions des HAP des sources fixes sont calculées à partir de facteurs d'émission par combustible détaillés dans la section générale énergie.

Pour les sources mobiles, les facteurs d'émission appliqués sont égaux à ceux du transport routier, et proviennent du guide EMEP/EEA [1134]. Pour les carburants d'origine biomasse, les mêmes facteurs

d'émission que les composantes fossiles sont utilisés en teneur massique, mais sont recalculés en teneur énergétique avec les PCI spécifiques aux biocarburants.

**Emissions de polychlorobiphényles (PCB)**

Pour les installations fixes, les facteurs d'émission décrits dans la section générale énergie sont appliqués.

Pour les sources mobiles, il n'y a pas d'émissions de PCB attendues pour ce secteur.

**Emissions d'hexachlorobenzène (HCB)**

Pour les installations fixes, les facteurs d'émission décrits dans la section générale énergie sont appliqués.

Pour les sources mobiles, les facteurs d'émission de HCB sont issus de la note technique de l'EMEP 6/2000 [74]. Pour les moteurs diesel, ils sont supposés constants ; en revanche pour les moteurs à essence, ces facteurs varient en fonction de la teneur moyenne en plomb des carburants [74].

- *Pêche*

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les teneurs en soufre des différents combustibles évoluent non linéairement au cours du temps et sont très différentes d'un combustible à l'autre, cf. base de données OMINEA.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Le facteur d'émission dépend du type d'équipement, de sa charge elle-même variable selon les phases et du combustible. Les valeurs utilisées sont issues du guide EMEP [1280].

Les facteurs d'émission appliqués en g/GJ pour le gazole sont les suivants :

Motorisation	TIER 0	TIER I(1)*	TIER I(2)*	TIER II	TIER III
moteur diesel à haute vitesse (HSD)	930	808	808	649	137
moteur diesel à moyenne vitesse (MSD)	1359	1327	1327	1044	128

\*La catégorie TIER I a été divisée en deux catégories intermédiaires dans le cadre de la convention MARPOL [1147] : TIER I(1) pour les bateaux mis en marché entre 2000 et 2004 (inclus) et TIER I (2) pour les bateaux mis en marché entre 2005 et 2009 (inclus).

Pour le fioul lourd, le facteur d'émission appliqué est égal à 1 282 g/GJ (guide EMEP [1280]).

En ce qui concerne les bateaux à essence, les facteurs d'émission en g/GJ sont les suivants :

Motorisation	pre-control	stage I
2 temps	74	74
4 temps	609	586

**Emissions de COVNM**

Pour les motorisations diesel, le facteur d'émission dépend uniquement du combustible. Les valeurs utilisées sont issues du guide EMEP [1280].

Pour le fioul lourd, le facteur d'émission est de 45 g/GJ et pour le gazole de 46 g/GJ.

Pour l'essence, les facteurs d'émission qui dépendent de la motorisation et de la norme du moteur, sont les suivants (en g/GJ).

Motorisation	pre-control	stage I
2 temps	5 295	583
4 temps	607	664

**Emissions de CO**

Pour les motorisation Diesel, le facteur d'émission dépend uniquement du combustible. Les valeurs utilisées sont issues du guide EMEP [1280].

Pour le fioul lourd, le facteur d'émission est de 106 g/GJ et pour le gazole de 104 g/GJ.

Pour l'essence, les facteurs d'émission qui dépendent de la motorisation et de la norme du moteur, sont les suivants (en g/GJ).

Motorisation	pre-control	stage I
2 temps	10 932	6 340
4 temps	19 341	7 909

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Le facteur d'émission utilisé est celui des bateaux de plaisance [1133]. Le facteur d'émission est de 0,175 g/GJ pour le fioul lourd et de 0,164 g/GJ pour le gazole.

Pour l'essence, les facteurs d'émission qui dépendent de la motorisation et de la norme du moteur, sont les suivants (en g/GJ).

Motorisation	pre-control	stage I
2 temps	0,068	0,068
4 temps	0,114	0,114

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Le facteur d'émission dépend du type d'équipement, de sa charge elle-même variable selon les phases et du combustible. Les valeurs utilisées de FE sont issues du rapport d'étude sur les GES de l'OMI [1221]. Elles sont dépendantes du taux de soufre présent dans le carburant comme l'illustrent les formules ci-dessous.

$$FOL : EF_{e,PM_{10}} \left( \frac{g}{kWh} \right) = 1,35 + SFC_i * 7 * 0,02247 * (S - 0,0246) \tag{1}$$

$$DML : EF_{e,PM_{10}} \left( \frac{g}{kWh} \right) = 0,23 + SFC_i * 7 * 0,02247 * (S - 0,0024) \tag{2}$$

Avec :

- $SFC_i$  : Consommation spécifique de carburant en (g/kWh)
- $S$  : Le taux de soufre

La conversion des émissions de g/kWh vers g/GJ est réalisée à partir des consommations spécifiques Tier II suivantes et issues de [1280] :

Motorisation	Carburant	SFOC (g/kWh)
moteur diesel à haute vitesse (HSD)	Fioul lourd	234
moteur diesel à moyenne vitesse (MSD)	Fioul lourd	202
moteur diesel à haute vitesse (HSD)	Gazole pêche	224
moteur diesel à moyenne vitesse (MSD)	Gazole pêche	193

Selon le guide méthodologique EMEP/EEA 2023 [1280], le total des poussières en suspension (TSP) est considéré comme étant composé à 100 % de particules ayant une taille inférieure à 10 micromètres et 85 % de particules ayant une taille inférieure à 2,5 micromètres.

Pour l'essence, les facteurs d'émission en g/GJ sont les suivants.

Motorisation	pre-control	stage I
2 temps	286	286
4 temps	4,27	4,27

Les PM<sub>1,0</sub>, quant à elles, se distribuent par rapport aux TSP à raison de 92% pour le diesel et le FOL. Cette hypothèse est issue du modèle d'émission COPERT de la section *OMINEA\_1A3b\_road transport*.

#### Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

Le facteur d'émission dépend du type d'équipement, de sa charge elle-même variable selon les phases et du combustible. L'élaboration d'un facteur d'émission de référence est réalisée selon les facteurs d'émissions ci-dessous, issus de la dernière mise à jour du guidebook EMEP/EEA [1133] en 2021.

Type moteur Diesel	Carburant	BC (g/GJ)*
Haute vitesse (HSD)	Fioul lourd	1,96
Moyenne vitesse (MSD)	Fioul lourd	2,26
Haute vitesse (HSD)	Gazole pêche	0,98
Moyenne vitesse (MSD)	Gazole pêche	1,14

\*Les facteurs d'émissions sont donnés pour un taux de soufre de 1,42 et 0,09% pour le fioul lourd et le gazole respectivement.

Dans un second temps, le facteur d'émission de BC est corrigé en fonction de la teneur en soufre du carburant en conservant la tendance observée dans [1222].

Concernant les motorisations essence, le facteur d'émissions de BC est établi à partir d'un ratio de PM<sub>2,5</sub>, à savoir 5%.

#### Emissions de métaux lourds (ML)

Pour la combustion, les facteurs d'émission des métaux lourds sont issus de la section générale *OMINEA\_1A\_fuel emission factor* pour le gazole, l'huile et l'essence. En revanche, pour le fioul lourd, les facteurs d'émissions proviennent de [1280] et sont les suivants :

Métal lourd	FE (mg/GJ)
As	17,00
Cd	0,50
Cr	18,00
Cu	31,25
Hg	0,50
Ni	800
Pb	4,50
Se	5,25
Zn	30,00

#### Emissions de dioxines et furannes (PCDD-F)

Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles [341] : 11,7 ng/GJ pour le fioul lourd, 2,92 ng/GJ pour le gazole et 0,455 ng/GJ pour l'essence.

**Emissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années. Du fait que les facteurs d'émission des HAP ne sont pas estimés pour la pêche ni le maritime dans son ensemble dans le guide EMEP/EEA, ceux du transport routier [1281] sont utilisés à défaut.

**Emissions de polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB sont supposées négligeables pour l'essence. Pour les autres combustibles, les émissions sont déterminées à partir de la référence [341] : 14 µg/GJ pour le Fioul lourd et 8,76 µg/GJ pour le gazole.

**Emissions d'hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles [341] : 1,95 µg/GJ pour le Fioul lourd et le gazole. Pour l'essence, le facteur d'émission évolue en fonction du temps.

**3.5.3 Incertitudes**

**3.5.3 Uncertainties**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

**3.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)**

**3.5.4 QA/QC**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

**3.5.5 Recalculs**

**3.5.5 Recalculations**

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5. Les recalculs par sous-secteurs (1A4a ; 1A4b ; 1A4c) sont présentés ci-dessous :

**Tableau 72 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A4**

<b>1A4a - Commercial / institutional</b>	
Données d'activité	<p>Correction sur 2021 de la consommation d'un site ICPE de gaz naturel (NAPFUE 301), deux fois trop élevée, et de biogaz (NAPFUE 309), trois fois trop élevée.</p> <p>Variations de consommations liées à la mise à jour du traitement du bilan énergétique national :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- baisse légère des consommations d'aggloméré de houille (NAPFUE 104) sur 1990-1994, petites variations sur 2017-2021,</li> <li>- baisse de la consommation du fioul lourd (NAPFUE 203) sur 1994 et sur 2012-2015, .</li> <li>- hausse de la consommation du fioul domestique et du gazole non routier (NAPFUE 204/205) sur 2011 et baisse sur 2012-2021, .</li> <li>- petites variations de la consommation de gaz naturel (NAPFUE 301) sur 1990-2002, baisse sur 2008-2017 et hausse sur 2018-2021.</li> </ul> <p>Evolution des données de consommation de biomasse avec ajustements légers sur 2011-2020 et sur 2021.</p>

SO <sub>2</sub>	Mise à jour des FE SO <sub>2</sub> des CMS sur 2021 et du fioul lourd sur 2018-2021.
ML	Mise à jour des FE ML du NAPFUE 111 pour la SNAP 020101 et 020102 : hausse pour l'arsenic, le nickel, le mercure, le cuivre, et le cadmium, baisse pour le chrome, le plomb, le sélénium et le zinc.
PCB	Ajout de chiffres significatifs pour le FE PCB du NAPFUE 102 (charbon) et FE PCB du NAPFUE 205 (Gazole non routier) corrigé à partir de 2005 en SNAP 020103.
<b>1A4b - Residential</b>	
Données d'activité	<p>Evolution des consommations provenant du bilan énergétique national :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- baisse légère des consommations d'aggloméré de houille (NAPFUE 104) sur 1990-1994 ;</li> <li>- légère des consommations de fioul domestique et de gazole non routier (NAPFUE 204/205) sur 2011-2014, 2016-2018 et 2021 ; hausse sur 2015 et 2019-2020 ;</li> <li>- hausse des consommations de gaz naturel (NAPFUE 301) sur 2018-2020 et baisse sur 2021.</li> </ul> <p>Mise à jour des consommations de bois domestique : par rapport à l'édition précédente, hausse légère pour bois et granulés de 2014 à 2019 puis baisse légère de 2020 à 2021, et baisse pour granulés en 2021.</p>
SO <sub>2</sub>	Mise à jour des FE SO <sub>2</sub> des CMS sur 2021 et du fioul lourd sur 2018-2021.
PCB	Ajout de chiffres significatifs pour le FE PCB du NAPFUE 102 (charbon)
<b>1A4c - Agriculture, Forestry and Fishing</b>	
Données d'activité	<p>Pour les sources fixes (1A4ci), la révision du traitement des données du bilan de l'énergie du SDES a entraîné :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une légère hausse de la consommation de gaz naturel de 2018 à 2020 (de +200 à +600 TJ), et une baisse en 2021 (-946 TJ)</li> <li>- changements marginaux (entre 30 et 65 TJ) de la consommation de biogaz, à la hausse pour 2014 et 2021 et à la baisse pour 2016-2020,</li> <li>- et, enfin, une légère révision des teneurs en biométhane pour 2019-2021.</li> </ul> <p>Pour les sources mobiles (1A4cii), la consommation de gazole non routier (GNR) a été légèrement révisée pour la période 2011-2018, revue à la baisse en 2019-2020 (+963 et 754 TJ), et révisée à la hausse en 2021 (+1715 TJ), dans le bilan de l'énergie du SDES. De plus, les taux d'incorporation d'agro-carburants ont été révisés légèrement pour le biodiesel, à la baisse pour la période 2011-2019 et à la hausse pour 2020-2021. Enfin, les taux d'incorporation de bioessence (éthanol) ont également été révisés à la marge pour la période 1992-2021.</p> <p>Pour la pêche (1A4ciii) : mise à jour des données sur les biocarburants et des données de parcs et d'activité (FOD seulement à partir de l'année 2011).</p>
TSP, PM <sub>xx</sub> , BC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour la pêche, mise à jour du ratio PM<sub>2,5</sub>/TSP (passage de 100 % à 85 %)</li> <li>- Pour les sources fixes (1A4ci), mise à jour du FE TSP pour la combustion de biomasse en incluant la part des chaudières de puissance entre 0 et 1 MW, pour 2010-2021 seulement (valeur moyenne décroît de 100 à 64 g/GJ, de +1 à +5,5 g/GJ sur le FE moyen en recalcul), suite à une étude spécifique aux petites installations biomasse françaises. La granulométrie PM et BC par rapport aux TSP reste inchangé mais du coup l'impact se répercute sur toutes ces substances.</li> </ul>
NO <sub>x</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour la pêche, ajustement FE NO<sub>x</sub> Tier I (1), respectivement -2 et -13 % pour les moteurs MSD et HSD.</li> <li>- Pour les sources fixes (1A4ci), mise à jour du FE pour la combustion de biomasse en incluant la part des chaudières de puissance entre 0 et 1 MW (valeur moyenne passe de 132 à 125 g/GJ), pour 1990-2021, suite à une étude spécifique aux petites installations biomasse françaises.</li> </ul>
COVNM, CO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour les sources fixes (1A4ci), mise à jour des FE COVNM et CO pour la combustion de biomasse en incluant la part des chaudières de puissance entre 0 et 1 MW, pour 1990-2021, suite à une étude spécifique aux petites installations biomasse françaises. Pour les COVNM, le FE moyen passe de 4,8 g/GJ à une décroissance de 5,8 à 4,6 g/GJ au cours de la série, alors que pour le CO, le FE moyen passe de 250 g/GJ à 275 g/GJ.</li> </ul>
HAP et PCDD-F	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour les sources mobiles (hors pêche), mise à jour des FE pour chaque substance : globalement, en légère hausse pour le GNR et biodiesel, et en forte baisse pour l'essence et</li> </ul>

	le bioessence. L'impact global est souvent à la baisse sur le début de la période (1990-2001), et ensuite à la hausse à partir de 2002, du fait des consommations plus fortes de GNR.
SO <sub>2</sub>	Pas de recalcul spécifique du FE pour ce polluant.
Tous les polluants	Pour les autres substances, les recalculs s'expliquent par l'évolution du mix énergétique.

### 3.5.6 Améliorations envisagées

#### 3.5.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pas d'amélioration particulière identifiée pour ce secteur.

## 3.6 Autres secteurs (dont militaire) (NFR 1A5)

### 3.6 Other (including military)

Cette section concerne les émissions des installations de combustion fixes et mobiles liées à d'autres usages y compris les activités militaires.

Le secteur 1A5 n'est source clé pour aucune substance en 2022, ni en contribution au total, ni en contribution à son évolution.

### 3.6.1 Caractéristiques de la catégorie

#### 3.6.1 Main features

Les installations concernées par cette section sont essentiellement les suivantes :

- Sources fixes : installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et divers équipements ;
- Sources mobiles : consommation d'essence (EMNR), de kérosène et d'essence aviation.

Par souci de confidentialité, toutes les consommations et émissions du 1A5b sont incluses dans le 1A5a.

Les consommations prises en compte ici sont celles intégrées dans le secteur « Autres non spécifiés » du bilan énergétique national [1]. Ces consommations concernent du fioul lourd, du fioul domestique, du gaz naturel, du gaz de pétrole liquéfié, du kérosène et de l'essence aviation.

La part de biométhane consommée est retranchée de la consommation de gaz naturel à partir des données du bilan énergétique national annuel [1] et des publications annuelles du panorama du gaz renouvelable [1112].

En fonction des combustibles, il est possible d'attribuer les consommations pour des sources fixes (chaudières, moteurs, etc...) ou des sources mobiles (véhicules militaires terrestres non routier, aviation).

Les consommations d'essence aviation (Avgas) et de kérosène sont séparées en 2 sous-catégories, correspondant aux phases de LTO et aux phases de croisière. Pour cela, les répartitions des consommations LTO et croisière de l'aviation civile en métropole sont appliquées aux consommations du bilan de l'énergie [1].

Tableau 73 : Répartition des consommations par phase de l'aviation

Répartition des consommations par phase de l'aviation	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
LTO	23%	20%	19%	19%	19%	18%	16%	17%	17%
Croisière	77%	80%	81%	81%	81%	82%	84%	83%	83%

A ces consommations sont appliqués les facteurs d'émission moyens de l'aviation civile de la métropole par type de phase et par combustible.

### 3.6.1.1 Autres secteurs - Sources fixes (NFR 1A5a)

#### 3.6.1.1 Non-specified - Stationary

Le secteur 1A5a n'est source clé pour aucun polluant ni en niveau des émissions, ni en évolution.

### 3.6.1.2 Autres secteurs - Sources mobiles (NFR 1A5b)

#### 3.6.1.2 Non-specified - Mobile

Le secteur 1A5b n'est source clé pour aucun polluant ni en niveau des émissions, ni en évolution.

Par souci de confidentialité, les consommations et émissions des activités mobiles militaires sont incluses dans le 1A5a au lieu du 1A5b.

Les émissions de polluants de la plaisance sont également comptabilisées dans ce secteur. Cependant la méthodologie associée est présentée dans le chapitre couvrant la navigation et la plaisance.

## 3.6.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 3.6.2 Methods for estimating emissions

#### Emissions de SO<sub>2</sub>

##### Sources fixes

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

##### Sources mobiles

EMNR : Les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

Aviation : cf. 1.A.3.a

#### Emissions de NO<sub>x</sub>

##### Sources fixes

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

##### Sources mobiles

EMNR : Les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2019 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

#### Emissions de COVNM

##### Sources fixes



Les émissions de COVM sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

#### Sources mobiles

Les émissions de COVM sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2019 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

### **Emissions de CO**

#### Sources fixes

Les émissions de CO sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

#### Sources mobiles

Les émissions de CO sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2019 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

#### Sources fixes

Aucune émission de NH<sub>3</sub> n'est attendue pour la combustion fixe des combustibles consommés dans ce secteur.

#### Sources mobiles

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2019 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Ce polluant n'est pas estimé dans l'aviation.

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

#### Sources fixes

Les émissions de TSP sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie.

#### Sources mobiles

Les émissions de TSP sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2019 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1.0</sub>**

#### Sources fixes

La granulométrie est obtenue en appliquant des profils granulométriques moyens par combustibles, et techniques de dépoussiérage et l'hypothèse suivante, identique à celle prise pour le secteur tertiaire et concernant les installations de puissance inférieure à 50 MW.

Les profils granulométriques moyens par combustible sont présentés dans la section générale énergie.

#### Sources mobiles

Les émissions de PM<sub>10</sub>, de PM<sub>2.5</sub> et de PM<sub>1.0</sub> sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2019 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

#### Sources fixes

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2.5</sub>. Ce ratio provient de la référence [1273].

Les ratios retenus sont identiques à ceux pris pour le secteur tertiaire concernant les installations de puissance inférieure à 50 MW :

- 56% pour les combustibles liquides,
- 4% pour les combustibles gazeux.

#### Sources mobiles

Les émissions de BC sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2019 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

### ***Métaux lourds (ML)***

#### Sources fixes

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

#### Sources mobiles

Les émissions de métaux lourds sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission issus d'une étude spécifique [573] valable vue la nature du carburant (essence) et le type d'engin (4 temps).

Aviation : seul les émissions de plomb sont estimées. cf. 1.A.3.a

### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

#### Sources fixes

Les émissions de dioxines/furannes sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie.

#### Sources mobiles

Les émissions de dioxines/furannes sont déterminées à partir de facteurs d'émission relatifs à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps) [355].

Ce polluant n'est pas estimé dans l'aviation.

### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy).

#### Sources fixes

Les émissions de chacun des HAP concernés sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie.

#### Sources mobiles

Le calcul des émissions fait intervenir de multiples hypothèses sur la nature des équipements et leur utilisation. Les facteurs d'émission des HAP de l'essence proviennent de COPERT 4 [1134].

Ce polluant n'est pas estimé dans l'aviation.

**Polychlorobiphényles (PCB)**Sources fixes

Les émissions de PCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Sources mobiles

Les émissions de PCB liées à la combustion d'essence dans les sources mobiles sont considérées comme nulles ou négligeables.

Ce polluant n'est pas estimé dans l'aviation.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Ce polluant n'est pas estimé dans l'aviation.

**3.6.3 Incertitudes****3.6.3 Uncertainties**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

**3.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)****3.6.4 QA/QC**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

**3.6.5 Recalculs****3.6.5 Recalculations**

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Les recalculs pour le secteur 1A5 sont présentés ci-dessous :

**Tableau 74 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A5**

<b>1A5a - Non-spécifié - Sources fixes</b>	
Données d'activité	Sources fixes et EMNR : Aucun recalcul sur les données d'activité
SO <sub>2</sub>	Sources mobiles : voir recalculs 1A3a
HAP	Sources mobiles : voir recalculs 1A3a
PCB	Sources mobiles : voir recalculs 1A3a
<b>1A5b - Non-spécifié - Sources mobiles</b>	
Par souci de confidentialité, toutes les consommations et émissions du 1A5b sont incluses dans le 1A5a.	

### 3.6.6 Améliorations envisagées

#### 3.6.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pas d'amélioration prévue pour ce secteur.

### 3.7 Emissions fugitives des combustibles solides (NFR 1B1)

#### 3.7 Fugitive emissions from solid fuels

Cette catégorie regroupe les émissions fugitives des activités d'extraction, de traitement et éventuellement de distribution des combustibles solides (charbon).

#### 3.7.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 3.7.1 Main features

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 1B1a est source clé :

Tableau 75 : Polluants pour lesquels le secteur 1B1a est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
PM <sub>2,5</sub>	-	-	3	10,4%
PM <sub>10</sub>	-	-	3	10,8%
TSP	-	-	4	8,5%
BC	-	-	4	5,9%

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 1B1b est source clé :

Tableau 76 : Polluants pour lesquels le secteur 1B1b est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
PCDD/F	4	5,9%	-	-
HAP / HAPs	-	-	2	12,7%

#### 3.7.1.1. Extraction du charbon (NFR 1B1a)

##### 3.7.1.1 Coal mining and handling

L'activité minière est à l'origine d'émissions de méthane (composant majoritaire du gaz de mine ou grisou), de COVNM (composants minoritaires du gaz de mine ou grisou) et de particules (manutention et envols lors du stockage et du transport).

Les rejets de gaz de mine proviennent :

- Du dégazage naturel de la mine (mines à ciel ouvert dites « découvertes »),
- De l'aération de la mine et de la fraction de gaz de mine non captée (mines souterraines),
- Du dégazage lors du stockage du charbon après extraction.

L'activité minière est recensée pour chaque site [52]. En France l'activité d'extraction a fortement décru au cours des dernières décennies pour cesser totalement en 2002 pour les mines à ciel ouvert et en 2004 pour les mines souterraines.

La formation du CH<sub>4</sub> et des COVNM dans les mines dépend des caractéristiques des veines exploitées. Certaines mines non grisouteuses ne sont pas émettrices. Les émissions se poursuivent après la fin de l'exploitation mais se réduisent progressivement et sont considérées négligeables pour les COVNM.

Le charbon importé est supposé avoir totalement dégazé avant d'arriver sur le territoire. Par conséquent, des émissions de CH<sub>4</sub> et COVNM supplémentaires ne sont pas prises en compte. Cependant, les émissions de particules issues de la manutention du charbon importé et en sortie des mines sont estimées sur les sites qui consomment le charbon.

### 3.7.1.2. Transformation des combustibles minéraux solides (NFR 1B1b)

#### 3.7.1.2 *Manufacture of solid fuels*

Cette section est dédiée aux émissions se produisant au cours des phases d'extinction et au défournement lors de la production de coke (fuites aux portes) au sein des cokeries minières et sidérurgiques. Les émissions liées à la combustion sont traitées en section « 1A1c - solid fuel transformation ».

En France, la transformation de combustibles solides est pratiquement circonscrite à la production de coke dans les cokeries minières et les cokeries sidérurgiques. La liquéfaction, la gazéification et la production de combustibles défumés sont inexistantes ou marginales.

L'activité minière hors cokerie est également rapportée dans cette catégorie. Le dernier bassin a cessé toute exploitation en 2004.

Il n'existe plus de cokerie minière en France depuis fin 2009. Trois cokeries sidérurgiques (i.e. au sein des sites intégrés de fabrication d'acier) existaient jusqu'en mai 2020 en France. A partir de 2021, seules deux cokeries sidérurgiques sont recensées.

## 3.7.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 3.7.2 *Methods for estimating emissions*

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

### 3.7.2.1. Extraction du charbon (NFR 1B1a)

#### 3.7.2.1 *Coal mining and handling*

#### ***Emissions de COVNM***

##### Période pré-2004

Les hypothèses suivantes sont faites :

Le charbon importé a dégazé en totalité avant de parvenir sur le territoire national.

Le charbon produit en France dégaze en totalité avant de parvenir à l'utilisateur. En conséquence, aucune émission de COVNM liée au stockage et à la manutention n'est affectée aux secteurs consommateurs.

Les émissions sont calculées à partir de la production nationale (en distinguant les mines ouvertes et souterraines), s'arrêtant en 2004, et de facteurs d'émission provenant du guide EMEP 2016 [1187].

##### Période post 2004

Les émissions de COVNM sont considérées négligeable lorsque les mines ne sont plus en activité, dès lors aucune émission n'est prise en compte après 2004.

#### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Les rejets de particules proviennent de la manutention des produits et des envols lors du stockage et du transport.

Contrairement au méthane, les émissions de particules sont, en première approximation, indépendantes du type de mine. Les nombreux éléments pouvant intervenir dans les phénomènes

émissifs excluent une modélisation précise surtout a posteriori. Les facteurs d'émission utilisés proviennent de la littérature [49] et de dires d'experts.

Les émissions de particules issues de la manutention du charbon au niveau des sites consommateurs sont également estimées sur la base de la consommation nationale (incluant les importations et d'un facteur d'émission du guide EMEP 2016).

#### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $PM_{1,0}$**

Le facteur d'émission  $PM_{10}$  est identique à celui des TSP par suite des hypothèses retenues sur la granulométrie des particules.

Les émissions de particules au sein des mines d'extraction de charbon sont nulles depuis l'arrêt de l'exploitation des mines françaises en avril 2004.

Néanmoins, des émissions de particules issues de la manutention du charbon au niveau des sites consommateurs sont estimées sur la base de la consommation nationale [1] (incluant les importations) et d'un facteur d'émission du guide EMEP 2019 [1187].

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de  $PM_{2,5}$  est estimée à 10%.

### **3.7.2.2. Transformation des combustibles minéraux solides (NFR 1B1b)**

#### **3.7.2.2 Manufacture of solid fuels**

Les statistiques de production sont connues selon les années, soit par installation, soit par sous-ensemble sectoriel [19, 27, 52, 53].

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission issus des déclarations et des données communiquées par la fédération professionnelle du secteur [19, 27] pour les cokeries sidérurgiques. Ces facteurs sont ensuite appliqués à l'ensemble de la production de coke (minier et sidérurgique).

#### **Emissions de $SO_2$**

Compte tenu des émissions déclarées par les sites pour les unités de production de coke sans distinction entre les émissions liées à la combustion et celles liées au procédé, les émissions de  $SO_2$  du 1B1b sont incluses dans le secteur 1A1c\_solid fuel transformation avec les émissions liées à la combustion.

#### **Emissions de $NO_x$**

Compte tenu des émissions déclarées par les sites pour les unités de production de coke sans distinction entre les émissions liées à la combustion et celles liées au procédé, les émissions de  $NO_x$  du 1B1b sont incluses dans le secteur 1A1c\_solid fuel transformation avec les émissions liées à la combustion.

#### **Emissions de COVNM**

Les déclarations annuelles des sites [19] et des données communiquées par la fédération professionnelle du secteur de la sidérurgie [27] permettent de calculer un facteur d'émission par année à partir de 2006. Pour les années antérieures le facteur d'émission de 2006 est utilisé.

#### **Emissions de CO**

Les déclarations annuelles des sites [19] et des données communiquées par la fédération professionnelle du secteur de la sidérurgie [27] permettent de calculer un facteur d'émission par année à partir de 2006. Pour les années antérieures le facteur d'émission de 2006 est utilisé.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont estimées à partir de la production annuelle de coke [19][27][52][53] et du facteur d'émission par défaut (Tier 1) issu du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [767] pour toute la série temporelle.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les déclarations annuelles des sites [19] et les données communiquées par la fédération professionnelle du secteur de la sidérurgie [27] permettent de calculer un facteur d'émission par année à partir de 2006. L'une des normes de mesure utilisée dans ces déclarations est la Norme NF EN 13284-1, avec piégeage sur filtre de quartz et pesée en laboratoire. La fraction de condensables n'est pas considérée, seule la fraction filtrable l'est.

De plus, des données du LECES pour l'année 1994 [162] permettent de définir le facteur d'émission de cette année. Il n'y a pas d'information sur l'inclusion ou non des condensables dans le facteur d'émission renseigné. Avant 1994, le facteur d'émission de 1994 est reporté. Entre 1994 et 2006, sa valeur est interpolée.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

La répartition granulométrique utilisée pour l'année 1990 provient d'une étude britannique [163], dans laquelle les facteurs d'émission retenus correspondent à une moyenne entre différents procédés de fabrication. Cependant, au cours de la période 1990-2010, de nombreuses améliorations des systèmes de filtration ont été mises en place progressivement sur les sites, réduisant significativement la part des émissions des particules les plus grosses. A la faveur de campagnes de mesures récentes menées sur les sites sidérurgiques [27], la granulométrie a été interpolée entre la valeur de 1990 et celle issue de ces campagnes de mesures, appliquée à partir de 2010. A partir de 2021, les déclarations d'émissions de PM<sub>10</sub> sont directement utilisées. Ainsi la granulométrie des PM<sub>10</sub> est calculée grâce aux émissions de TSP déclarées et des émissions de PM<sub>10</sub>. La granulométrie des émissions de PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub> est ainsi recalculée sur la base de la granulométrie des PM<sub>10</sub> et appliquée aux émissions de TSP.

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [767].

**Métaux lourds (ML)**

Les déclarations annuelles [19] sont utilisées pour calculer les facteurs d'émission des métaux lourds à partir de 2010. Les émissions liées à l'utilisation de combustibles répertoriées en 1A1c sont ensuite retranchées aux émissions totales déclarées par les sites afin d'estimer les émissions à allouer au procédé 1B1b. Pour les années antérieures, un facteur d'émission moyen calculé sur la période 2010-2013 est appliqué.

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Le facteur d'émission est issu du Guidebook EMEP/EEA [626] et est appliqué pour toutes les années.

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les facteurs d'émission relatifs aux HAPs sont issus des données de spéciation obtenues auprès des sites pour les années 2011 et 2012 [27]. Le FE moyen de ces deux années est appliqué à toute la période.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Pas d'émission attendue.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Pas d'émission attendue.

### 3.7.3 Incertitudes

#### 3.7.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 3.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 3.7.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

### 3.7.5 Recalculs

#### 3.7.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Les recalculs par sous-secteurs (1B1a ; 1B1b) sont présentés ci-dessous :

Tableau 77 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1B1

<b>1B1a - Extraction du charbon</b>	
Données d'activité	Révision de la série historique de consommation de charbon selon le bilan énergétique provisoire du SDES.
<b>1B1b - Manufacture of solid fuels</b>	
PM10, PM2.5, PM1.0	Cokeries sidérurgiques : à partir de l'année 2021, modification du calcul des émissions de PM10 sur la base des déclarations annuelles des émissions des sites. La granulométrie des PM2.5 et PM1.0 est modifiée en conséquence. Les émissions de BC sont recalculées en conséquence.
Ni, Hg, Cd	Cokeries sidérurgiques : correction des émissions pour l'année 2021 à la suite de la détection d'une erreur.

### 3.7.6 Améliorations envisagées

#### 3.7.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pas d'amélioration prévue pour ce secteur.



## 3.8 Emissions fugitives des combustibles liquide et du gaz naturel (NFR 1B2)

### 3.8 Fugitive emissions from liquid fuels and natural gas (NFR 1B2)

#### 3.8.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 3.8.1 Main features

Seul le sous-secteur 1B2a (production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution) est source clé :

Tableau 78 : Polluants pour lesquels le secteur 1B2a est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
COVNM/NMVOCS	-	-	4	8,3%
SO <sub>2</sub>	6	5,8%	-	-

Les sous-secteur 1B2b et 1B2c ne sont pas catégories-clés en 2022.

#### 3.8.1.1 Production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution (NFR 1B2a)

*ugitive  
emission  
s of oil  
products*

Extraction, exploration et transport des combustibles fossiles liquides (1B2ai)

##### *Fugitive emissions oil: Exploration, production, transport (1B2ai)*

L'extraction de pétrole brut est une activité très réduite en France. La production nationale a fortement diminué entre 1990 et 2000 (-7% par an en moyenne) et décroît de façon moins accentuée mais progressive depuis 2000 (-3% par an) [14]. Elle ne satisfaisait que 4% de la consommation en 1990 et à peine plus de 1% une trentaine d'années plus tard.

Les émissions issues de cinq types de sources sont considérées :

- Les émissions liées à l'exploration de pétrole brut (EPL) ;
- Les émissions fugitives liées aux fuites des équipements (brides, raccords...) lors de l'extraction, pertes au stockage (FUG) ;
- Les émissions fugitives dues au réseau de transport de pétrole brut par pipelines (PIP) ;
- Les émissions fugitives dues au réseau de transport de pétrole brut par camions et wagons-citernes (CIT) ;
- Les émissions fugitives liées au stockage de brut dans les terminaux pétroliers (BRT).

L'exploration de pétrole est une activité encore existante en France. Jusqu'à 2018, un permis de recherche était attribué pour une durée maximale de 5 ans, pouvant être prolongé à deux reprises, chaque fois de cinq ans au maximum. Les différents permis de recherches sont indiqués dans le CPDP [14]. L'Etat n'octroie plus de nouveaux permis de recherche depuis 2018. En effet aucune nouvelle activité de forage n'existe selon le CPDP [14] depuis 2018 (mise à part le forage pour « l'extension-développement »). Cependant, les concessions d'exploitation déjà accordées peuvent être prolongées, mais pas au-delà de 2040.

En outre, même si des permis de recherche off-shore sont accordés, l'extraction de pétrole brut off-shore en France est négligeable. L'activité prise en compte pour la catégorie FUG correspond donc à l'extraction terrestre. Il y a toujours eu, moins de 1% de la production nationale de pétrole brut localisée en dehors du Bassin parisien et de l'Aquitaine.

L'activité de transport par pipeline est fournie par le CPDP chaque année. Celle pour les camions citernes est déterminée à partir de données d'expert et de la production française [14]. Le pétrole brut importé arrive par bateau dans les terminaux pétroliers, ensuite il est acheminé principalement par pipeline dans les raffineries et le transport en camions et wagons-citernes est exclusif à la production de pétrole brut en France.

La quantité de pétrole brut importé transitant par les terminaux pétroliers est fournie par le CPDP chaque année.

La quantité de pétrole brut transporté ou stocké dans les terminaux est exprimée en Mg qui peuvent être convertis en PJ en utilisant le PCI du pétrole brut (41,868 MJ/kg).

Les émissions liées au torchage et à la ventilation (« venting ») lors de l'extraction de pétrole sur le site de production sont incluses dans la section « 1B2c\_flaring ». Cependant, les émissions de torchage et de ventilation (« venting ») lors des activités d'exploration sont incluses dans cette section.

L'activité de production étant connue par site, la spatialisation des émissions par bassin est relativement aisée, mais les émissions sont plus difficiles à allouer à des échelles géographiques très fines.

### Raffinage du pétrole (1B2aiv)

#### *Fugitive emissions oil: Refining / storage (1B2aiv)*

Cette section concerne uniquement les procédés dans le raffinage du pétrole brut ou de produits partiellement élaborés provenant d'autres raffineries. Les émissions issues des installations de combustion (i.e. chaudières, TAG, moteurs et fours) sont comptabilisées dans la section 1A1b\_petrol refining et celles relatives aux torchères 1B2c\_petrol refining.

Les procédés considérés sont :

- Les émissions fugitives des procédés en raffinerie (SNAP 040101)
- La régénération du craqueur catalytique - chaudière à CO (SNAP 040102)
- L'unité Claus (récupération de soufre) (SNAP 040103)
- Le stockage et la manutention de produits pétroliers en raffinerie (SNAP 040104)
- Les autres procédés (SNAP 040105)

Les émissions liées au traitement des eaux industrielles en raffinerie sont considérées dans la section 5D\_waste water treatment.

Il y a actuellement 10 raffineries déclarant une activité en France dont une située en Martinique (territoire hors PTOM) et une récemment reconvertie en bioraffinerie (site de La Mède, dont la plateforme a vu en 2022 la création du nouveau site de bioraffinage Ecoslops).

Les sites de raffinage ont connu des modifications de capacité au cours des années écoulées.

Le site de La Mède a arrêté le traitement du pétrole brut fin 2016 et a été transformé pour créer la première bioraffinerie française afin de répondre à la demande croissante en biocarburants. La production des biocarburants du site de la Mède a démarré en juillet 2019.

On notera également que 9 raffineries ont fermé dans la période 1980 - 1985 puis dans les années 2000 :

- En 2003, un site a abandonné son activité de raffinage, ne conservant que ses activités pétrochimiques,
- En 2010, la raffinerie des Flandres (Nord) a été arrêtée et reconvertie en dépôt pétrolier. Le démontage des unités a été réalisé jusqu'en 2013 expliquant les faibles consommations énergétiques dédiées aux utilités et déclarées de 2010 à 2013,
- En 2011, la raffinerie de Reichstett (Bas-Rhin) a arrêté son activité,
- En 2012, la raffinerie de Berre (Bouches du Rhône) a été mise en arrêt temporaire pour 2 années dans l'attente d'une reprise de site. En 2014, l'exploitant a annoncé la fermeture de la raffinerie,
- Enfin, en 2013, la raffinerie de Petit-Couronne (Seine-Maritime) a fermé ses portes. Ce site est en cours de reconversion en entrepôt logistique pour le secteur du e-commerce,
- En 2016, la raffinerie de Dunkerque (SRD) n'a pas fonctionné et a définitivement fermé ses portes en Janvier 2017.

On peut souligner que les émissions françaises de PCDD/F liées au raffinage du pétrole ne sont pas estimées pour les années 1990 à 1993. Comme expliqué dans le guide CONCAWE ("Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries - édition 2019"), les émissions de PCDD/F proviennent des modes de régénération continue et semi-continue. Or la France ne compte en son sein qu'une seule raffinerie dotée d'équipements de régénération continue et ce depuis 1994. Ainsi aucune émission de PCDD/F n'est inventoriée entre 1990 et 1993.

Enfin, une évolution notable intervient entre ce rapport et la version précédente, les émissions de cadmium, de mercure et de plomb sont désormais comptabilisées pour les procédés intervenant dans le raffinage du pétrole et plus particulièrement pour la régénération du craqueur catalytique. Les émissions proviennent directement des déclarations annuelles d'émissions. En l'absence de donnée certaines années, les facteurs d'émission sont recalculés à partir des années pour lesquelles des résultats de mesures sont disponibles. Pour les sites ne disposant d'aucune mesure sur l'ensemble de la période, le facteur spécifique calculé à partir des mesures de l'ensemble des autres sites est appliqué.

#### Distribution des produits pétroliers (1B2av)

#### *Distribution of oil products (1B2av)*

Cette section s'intéresse, d'une part aux importations et exportations de produits pétroliers et, d'autre part, au stockage et aux opérations de chargement et de déchargement au cours de la chaîne de distribution des combustibles liquides (hors raffinerie).

Plus précisément, elle couvre :

- les émissions diffuses d'hydrocarbures lors des opérations de chargement, déchargement, stockage dans les terminaux pétroliers pour les produits pétroliers (hors pétrole brut),
- les émissions relatives au transport, à la manutention et aux dépôts de combustibles liquides en dehors des raffineries et des terminaux pétroliers (hors pétrole brut),
- L'approvisionnement des stations-service en essence et sa distribution aux véhicules.
- Les stations d'expédition de produits pétroliers en raffinerie (SNAP 050501)

#### Méthodes relatives à la France métropolitaine

- Terminaux pétroliers

Les importations et les exportations de produits pétroliers sont connues quantitativement ainsi que les points d'entrée sur le territoire notamment les terminaux pétroliers [14, 69, 167, 179, 180].

L'activité pour les terminaux pétroliers est représentée par la somme des produits pétroliers importés et exportés (naphta, essence, carburéacteurs, en particulier).

Les produits pétroliers autres que ceux cités ci-dessus sont considérés comme très faiblement émetteurs de COVNM du fait de leurs très faibles tensions de vapeur.

➤ Distribution hors raffinerie et stations-service

Les opérations émettrices sont le stockage et le chargement / déchargement des produits pétroliers aux différentes étapes de la chaîne de transport et de distribution.

Les émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) dépendent de divers paramètres (type de produit, type d'équipement, conditions météorologiques, etc.). Elles sont estimées à partir des quantités transférées [14].

Plusieurs dispositions réglementaires (arrêtés des 4 septembre 1986 et 8 décembre 1995) [169, 170] prévoient la mise en place de dispositifs visant à réduire les émissions et en particulier la mise en œuvre progressive du « stage I » dans les dépôts.

Les caractéristiques des dépôts quant à l'application des dispositions réglementaires et à leurs débits sont prises en compte [168]. La nature de certaines de ces informations impose l'application de règles de confidentialité.

L'activité est constituée, d'une part, par les quantités de FOL, FOD et gazole transférées et, d'autre part, par l'essence et les carburéacteurs plus volatils et fait l'objet d'un calcul spécifique.

➤ Stations-service

Les émissions visées dans cette partie concernent les refoulements aux événements des cuves lors des approvisionnements et le refoulement des vapeurs contenues dans les réservoirs des véhicules lors du remplissage de ces derniers.

Seule l'essence automobile est prise en compte car le gazole est beaucoup moins volatil, les autres essences et les carburéacteurs étant distribués différemment. Le GPLc est également négligé, les quantités en jeu sont par ailleurs marginales.

La mise en place de dispositifs de limitation des rejets notamment « stage I » et « stage II » en application de la réglementation [170, 172] au cours du temps et en fonction des caractéristiques des stations est prise en compte dans le calcul des émissions basé sur les quantités d'essence distribuées par catégorie (taille) de stations [14].

➤ Stations d'expédition de produits pétroliers en raffinerie

Cette partie concerne les opérations émettrices lors du chargement de produits pétroliers dans les stations d'expédition des raffineries. Il y a actuellement 9 raffineries en France, déclarant toutes leur activité et leurs émissions directement sur la plateforme de Gestion Électronique du Registre des Emissions Polluantes (GEREP) [19]. L'activité et les émissions des stations d'expédition sont déduites de ces déclarations.

### 3.8.1.2 Extraction et distribution de gaz naturel (NFR 1B2b)

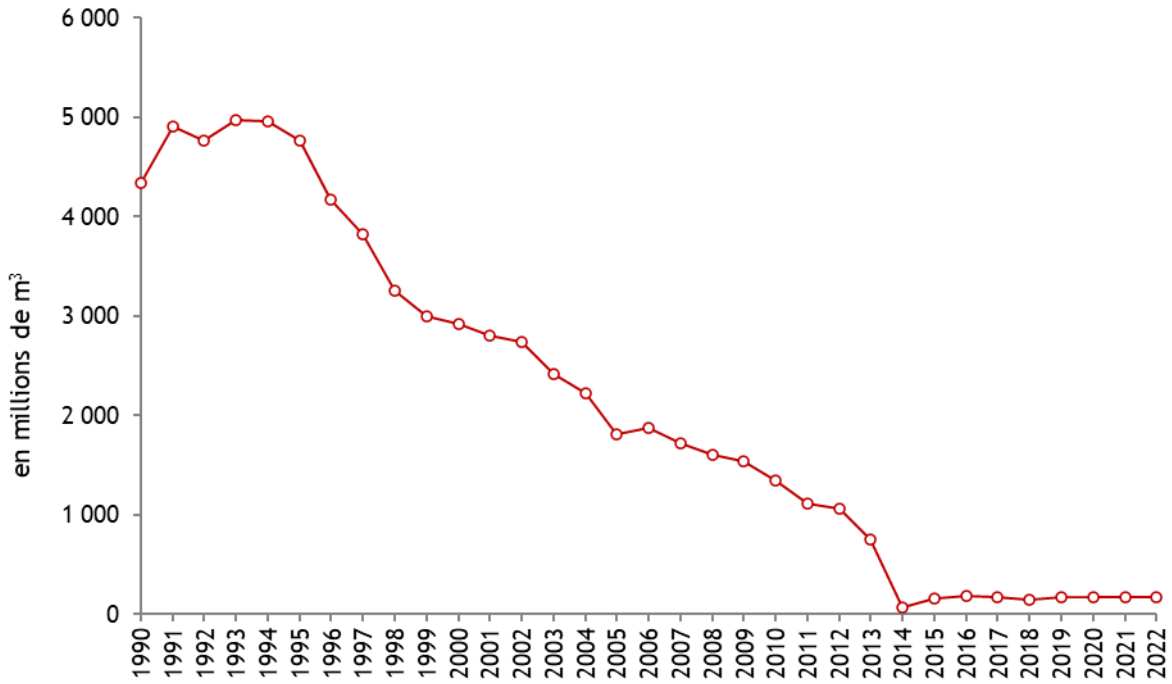
#### 3.8.1.2 Fugitive emissions from natural gas

##### Extraction et traitement du gaz naturel

##### *Production and processing of natural gas*

Plusieurs installations d'extraction et de traitement de gaz naturel sont encore en fonctionnement [14]. Cependant, l'activité décroît fortement au cours du temps avec l'épuisement progressif des gisements.

Le site de Lacq représentait plus de 90% de la production totale jusqu'en 2013 mais le site a fermé en 2014.



Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2024

Graph\_1B2b\_extrac\_GN.xlsx/Gaz\_Nat

Figure 79 : Extraction de gaz naturel (périmètre France UE)

### Transport, stockage et distribution du gaz naturel

#### *Transmission, storage and distribution of natural gas*

Les principales sources d'émissions fugitives couvertes par cette section proviennent :

- du réseau de distribution,
- du réseau de transport,
- des stations de compressions,
- des sites de stockage,
- des terminaux méthaniers.

La nature des émissions est ici étroitement liée à la composition du gaz naturel. En conséquence, les émissions renseignées portent sur les COVNM.

Le transport du gaz naturel (*via* le réseau de distribution) s'effectue au travers du réseau haute pression (HP) d'une longueur supérieure à 35 000 km, tandis que la distribution correspond aux réseaux moyenne et basse pressions (MP et BP) d'une longueur de l'ordre de 200 000 km. Les réseaux MP et BP utilisent des canalisations hétérogènes quant aux matériaux utilisés : vieilles fontes grises, fontes grises à joint express, polyéthylène, acier, fonte ductile, etc.

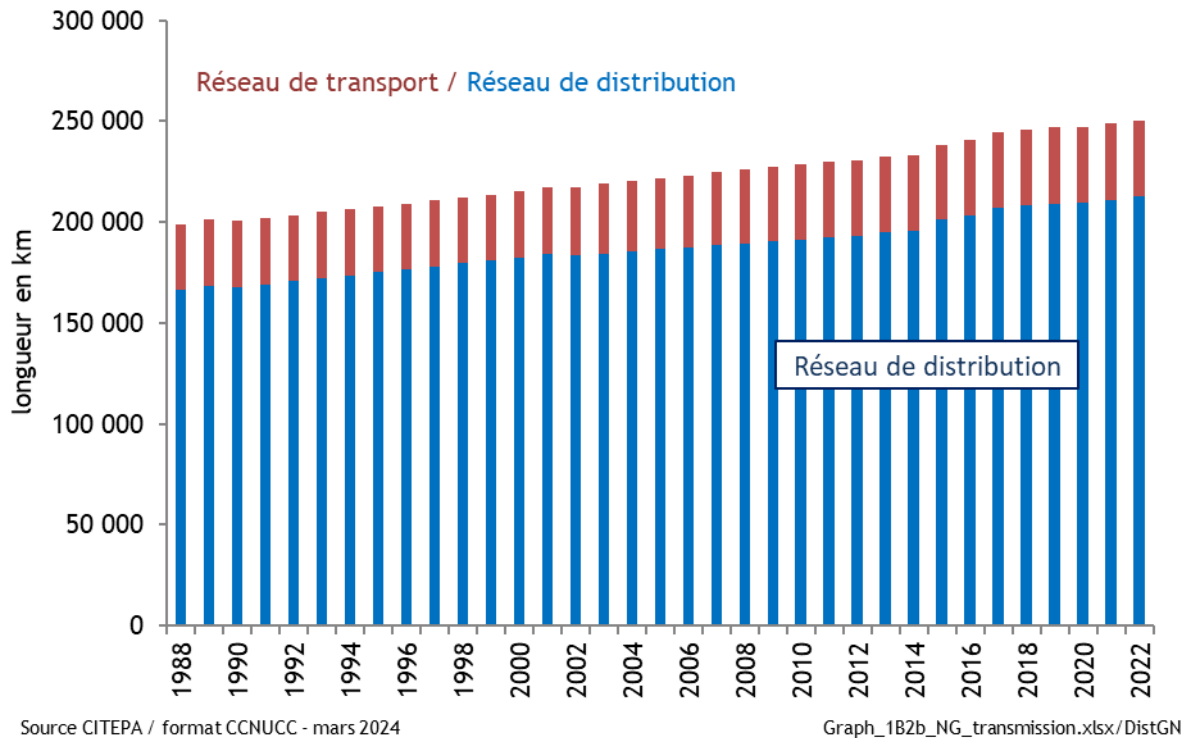


Figure 80 : Longueur de réseau du gaz naturel en France (périmètre France UE)

### 3.8.1.3 Torchères et venting (NFR 1B2c)

#### 3.8.1.3 Flaring and venting

##### Torchères dans les raffineries

##### Flaring in refining

Il y a actuellement 10 raffineries déclarant une activité en France dont une située en Martinique (territoire hors PTOM) et une récemment reconvertie en bioraffinerie (site de La Mède, dont la plateforme a vu en 2022 la création du nouveau site de bioraffinage Ecoslops).

Les sites de raffinage ont connu des modifications de capacité au cours des années écoulées.

Le site de La Mède a arrêté le traitement du pétrole brut fin 2016 et a été transformé pour créer la première bioraffinerie française afin de répondre à la demande croissante en biocarburants. La production des biocarburants du site de la Mède a démarré en juillet 2019.

On notera également que :

- 9 raffineries ont fermé dans la période 1980 - 1985,
- En 2003, un site a abandonné son activité de raffinage, ne conservant que ses activités pétrochimiques,
- En 2010, la raffinerie des Flandres (Nord) a été arrêtée et reconvertie en dépôt pétrolier. Le démontage des unités a été réalisé jusqu'en 2013 expliquant les faibles consommations énergétiques dédiées aux utilités et déclarées de 2010 à 2013,
- En 2011, la raffinerie de Reichstett (Bas-Rhin) a arrêté son activité,
- En 2012, la raffinerie de Berre (Bouches du Rhône) a été mise en arrêt temporaire pour 2 années dans l'attente d'une reprise de site. Faute de repreneurs, l'exploitant a confirmé la fermeture de la raffinerie mais s'engage à continuer de développer les activités pétrochimiques sur le site,
- Enfin, en 2013, la raffinerie de Petit-Couronne (Seine-Maritime) a fermé ses portes. Ce site est en cours de reconversion en entrepôt logistique pour le secteur du e-commerce,

- En 2016, la raffinerie de Dunkerque (SRD) n'a pas fonctionné et a définitivement fermé ses portes en Janvier 2017.

### Torchères et venting dans l'extraction de gaz et de pétrole

#### *Flaring and venting in oil and gas production*

Cette section concerne les émissions liées au torchage :

- dans l'extraction du gaz,
- dans l'extraction de pétrole,
- sur les stations de compression et les terminaux méthaniers.

Les émissions dues aux gaz rejetés par les installations (purges, événements, etc.) dans l'extraction de pétrole sont également reportées dans cette section.

Les activités d'extraction de pétrole sont marginales en France du fait d'une ressource limitée. Les activités d'extraction de gaz étaient localisées majoritairement (>90%) sur le site de Lacq. Cependant, ce site a fermé en 2014 et l'extraction de gaz est devenue quasiment inexistante en France.

Le torchage au niveau des terminaux méthaniers et des stations de compression participe marginalement aux émissions de ce secteur.

## 3.8.2 Méthodes d'estimation des émissions

### *3.8.2 Methods for estimating emissions*

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

### 3.8.2.1 Production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution (NFR 1B2a)

#### *3.8.2.1 Extraction, transport, exploration and distribution of oil products*

Extraction, exploration et transport des combustibles fossiles liquides (1B2ai)

#### *Fugitive emissions oil: Exploration, production, transport (1B2ai)*

Seules les émissions de COVNM sont estimées pour cette activité, car pour les quelques autres polluants attendus (SO<sub>x</sub>, PCDD-F), les émissions sont considérées marginales et aucun facteur d'émission n'a pu être identifié dans la littérature.

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions attendues de ces substances lors de ces activités sont considérées marginales et aucun facteur d'émission n'a pu être identifié dans la littérature.

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

#### **Emissions de COVNM**

##### Exploration de pétrole

L'exploration de pétrole engendre des émissions de COVNM lors de l'ouverture des puits (Well drilling), des essais (Well testing) et de la préparation des puits (Well servicing). La méthode de calcul des émissions est basée directement sur la production nationale de pétrole [14]. Les facteurs

d'émission utilisés sont ceux donnés par défaut pour les pays développés dans les Lignes directrices du GIEC 2006 [627].

Les facteurs d'émission étant indiqués en Gg / 1000 m<sup>3</sup> dans les lignes directrices du GIEC 2006, ils peuvent être convertis en kg/Mg à partir de la masse volumique (0,86 Mg/m<sup>3</sup>).

Transport de pétrole brut

Les émissions liées au transport par pipeline et camion-citerne sont estimées à partir des facteurs d'émission par défaut du GIEC [627], de la quantité de pétrole brut transportée par pipeline en France (PIP) et de la production nationale de pétrole brut transportée par camion-citerne (CIT).

Les facteurs d'émission étant indiqués en Gg / 1000 m<sup>3</sup> dans les lignes directrices du GIEC 2006, ils peuvent être convertis en kg/Mg à partir de la masse volumique (0,86 Mg/m<sup>3</sup>).

Extraction de pétrole brut

Les émissions de COVNM survenant lors de l'extraction des combustibles fossiles liquides (FUG, VEN) sont calculées et déterminées à partir des facteurs d'émission par défaut du GIEC [627]. Seul le FE des COVNM pour la ventilation (« venting », VEN) est fourni par le GIEC. Le ratio CO<sub>2</sub>/COVNM a été calculé à partir des facteurs d'émission de la ventilation (« venting », VEN) et est utilisé pour déterminer le facteur d'émission des COVNM fugitifs (FUG) [627].

	CO <sub>2</sub>	COVNM	Ratio COVNM/ CO <sub>2</sub>
Facteur d'émission extraction - VEN (Gg/1000 m <sup>3</sup> )	9,5E-05	4,30E-04	4,53E+00
Facteur d'émission extraction - FUG (Gg/1000 m <sup>3</sup> )	2,6E-04	1,18E-03	

■ = valeur obtenue à partir d'une référence, □ = valeur calculée

Seules les émissions fugitives (FUG) sont comptabilisées dans cette section, les émissions liées à la ventilation (« venting », VEN) sont comptabilisées dans la section « 1b2c Torchères et ventilation dans l'extraction de gaz et de pétrole ».

Stockage de pétrole brut

Les émissions liées au déchargement et stockage de pétrole brut dans les terminaux pétroliers sont estimées grâce à une méthodologie mise en place en collaboration avec des experts du secteur pétrolier [13]. Cette méthodologie tient compte notamment des caractéristiques techniques de stockage des bacs (Toits fixes vs toits flottants, Volume de stockage...) ainsi que de l'implémentation de la réglementation nationale relative à la lutte contre les émissions de COVNM provenant des activités de stockage.

**Emissions de CO**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

**Métaux lourds (ML)**



Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Les émissions attendues de ces substances lors de ces activités sont considérées marginales et aucun facteur d'émission n'a pu être identifié dans la littérature.

***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

***Polychlorobiphényles (PCB)***

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

***Hexachlorobenzène (HCB)***

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

**Raffinage du pétrole (1B2aiv)**

*Fugitive emissions oil: Refining / storage (1B2aiv)*

Le niveau d'activité est spécifique du procédé considéré :

- Les quantités de pétrole brut traité [14, 19] servent à estimer les émissions fugitives des procédés,
- La quantité de coke brûlé [19] permet de calculer les émissions liées à la régénération du craqueur catalytique.

Pour les autres procédés, les niveaux d'activités ne sont pas connus. Les émissions sont déterminées à partir des déclarations annuelles de rejets [19]. Les niveaux d'émission aux postes de stockage et d'expédition varient en fonction des techniques mises en œuvre sur le site (type de stockage, technique de chargement, etc.) [48].

***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Le SO<sub>2</sub> est émis au niveau de la régénération du craqueur catalytique et de l'unité Claus. Les émissions de ces procédés sont déterminées à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leurs émissions de soufre déclarées chaque année en ce qui concerne l'unité Claus [19, 50]. Lorsqu'une valeur spécifique manque pour un paramètre donné, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.

Pour les autres procédés (SNAP 040105), les émissions proviennent directement des déclarations annuelles d'émissions [19].

***Emissions de NO<sub>x</sub>***

Les NO<sub>x</sub> sont émis au niveau de la régénération du craqueur catalytique. Les émissions sont le plus souvent déterminées à partir d'une mesure [19]. En l'absence de donnée certaines années, le facteur d'émission est recalculé à partir des années pour lesquelles des résultats de mesures sont disponibles. Pour les sites ne disposant d'aucune mesure sur l'ensemble de la période, le facteur spécifique calculé à partir des mesures de l'ensemble des autres sites peut être utilisé.

Depuis 2013, toutes les raffineries sont équipées d'une chaudière à CO.

Pour les autres procédés (SNAP 010405), les émissions proviennent directement des déclarations annuelles d'émissions [19].

***Emissions de COVNM***

Les émissions les plus importantes proviennent des émissions fugitives, des postes de stockage, de manutention et d'expédition des produits pétroliers. Mais des COVNM sont aussi émis au niveau de la régénération du craqueur catalytique.

Les **émissions fugitives** sont, pour la plupart, déterminées à partir des déclarations annuelles d'émissions [19]. Lorsque la donnée n'est pas disponible, un taux d'émission de 0,005% du brut traité est considéré car les émissions fugitives sont fonction de la quantité de brut traité dans l'installation [48].

Les **émissions liées au stockage** et à la manutention sont calculées, dans les déclarations annuelles de rejet [19], à partir de l'arrêté du 4 septembre 1986 relatif à la réduction des émissions atmosphériques d'hydrocarbures provenant des activités de stockage [169] abrogé et remplacé par l'arrêté du 3 octobre 2010 relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables exploités dans un stockage soumis à autorisation au titre de la rubrique 1432 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement [466]. Ces arrêtés donnent les équations permettant de calculer les émissions fugitives en fonction du type de stockage installé sur le site (i.e. un réservoir à toit fixe, réservoir à toit flottant, etc.).

Pour les deux postes ci-dessus, lorsque l'information n'est pas disponible, le facteur d'émission de l'année précédente est utilisé.

Les **émissions de la régénération du craqueur catalytique** sont en général faibles. Les émissions sont parfois déterminées à partir d'une mesure [19]. En l'absence de donnée certaines années, le facteur d'émission est recalculé à partir des années pour lesquelles des résultats de mesures sont disponibles. Pour les sites ne disposant d'aucune mesure sur l'ensemble de la période, le facteur spécifique calculé à partir des mesures de l'ensemble des autres sites peut être utilisé.

Pour le site non équipé d'une chaudière à CO, le FE COVNM est environ 35 fois plus élevé. Cependant, depuis 2013, ce site s'étant équipé d'une chaudière à CO, les émissions sont réduites.

Pour les autres procédés (SNAP 010405), les émissions proviennent directement des déclarations annuelles d'émissions [19].

### ***Emissions de CO***

Les émissions proviennent en majorité de la régénération du craqueur catalytique : elles sont estimées, soit au moyen des déclarations annuelles [19], soit à partir d'un facteur d'émission recalculé sur les sites similaires (craqueurs catalytiques équipés d'une chaudière à CO).

Pour le site non équipé d'une chaudière à CO, le FE est beaucoup plus élevé (environ 300 fois plus élevé). Cependant, depuis 2013, ce site s'étant équipé d'une chaudière à CO, les émissions sont réduites.

### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Il n'y a pas d'émissions attendues pour cette substance.

### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Parmi les activités traitées dans cette section, les particules sont seulement émises lors de la phase de régénération du craqueur catalytique.

#### **a/ Poussières totales en suspension**

Les émissions lors de la régénération des craqueurs catalytiques (avec chaudière à CO) sont calculées selon des approches différenciées en fonction des années et des sites :

- Pour les années récentes et pour les sites qui réalisent des mesures [19], la donnée est conservée et un facteur d'émission est recalculé. La moyenne des facteurs d'émission pour un site donné est appliquée pour les années où il n'y a pas d'information. La prise en compte de la partie condensable des particules dépend alors de la méthode de mesure des exploitant. Généralement, seule la partie condensable est mesurée,
- Pour les sites pour lesquels il n'y a pas de mesure disponible, un facteur d'émission moyen est recalculé à partir des mesures des autres sites.

Pour le site sans chaudière à CO, le facteur d'émission mesuré par l'exploitant est légèrement moins élevé. Cependant, depuis 2013, ce site s'est équipé d'une chaudière à CO.

#### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $PM_{1,0}$**

La granulométrie provient de l'étude CEPMEIP [49].

#### **Métaux lourds (ML)**

Seules les émissions des métaux lourds (Hg, Pb et Cd) sont identifiées pour le brûlage du coke dans le craqueur catalytique.

Les émissions proviennent directement des déclarations annuelles d'émissions [19]. En l'absence de donnée certaines années, les facteurs d'émission sont recalculés à partir des années pour lesquelles des résultats de mesures sont disponibles. Pour les sites ne disposant d'aucune mesure sur l'ensemble de la période, le facteur spécifique calculé à partir des mesures de l'ensemble des autres sites est appliqué.

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Des émissions de dioxines et furannes sont possibles pour la régénération du craqueur catalytique lors de régénération continue ou semi-continue. En France, seule une raffinerie utilise la régénération continue depuis 1994 (pas d'émission avant 1994). Le facteur d'émission utilisé entre 1994 et 2010 provient du guidebook CONCAWE ("Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries - 2017 edition"). Depuis 2011, les émissions proviennent directement de la déclaration annuelle des émissions de la raffinerie utilisant la régénération continue [19].

D'autres sources d'émissions de PCDD-F existent dans le procédé de raffinage (unité de cokéfaction, unité de régénération du soufre...) mais aucun facteur d'émission n'est disponible pour celles-ci, les émissions ne sont donc pas estimées pour ces sources.

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Il n'y a pas d'émission de HAP identifiée pour le brûlage du coke dans le craqueur catalytique.

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Il n'y a pas d'émission de PCB identifiée pour le brûlage du coke dans le craqueur catalytique.

#### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Il n'y a pas d'émission de HCB identifiées pour le brûlage du coke dans le craqueur catalytique.

#### **Distribution des produits pétroliers (1B2av)**

*Distribution of oil products (1B2av)*

#### **Emissions de COVNM**

a/ Terminaux pétroliers

Les émissions de COVNM relatives au stockage et à la manipulation de produits pétroliers dans les terminaux sont estimées en prenant en compte :

- Les types de produits transitant dans les terminaux pétroliers (naphtas, essences, carburateurs, etc.),
- Les types de stockage (toit fixe, toit flottant, etc.),
- Les taux d'équipement relatifs à chaque type de stockage par type de produit [13],
- Les émissions liées au chargement des citernes routières et ferroviaires ainsi que des bateaux.

Les facteurs d'émission s'appuient sur les formules de l'arrêté de 1986 relatif aux stockages [169] et le guide du CONCAWE [396].

Le facteur d'émission global évolue annuellement en fonction des quantités relatives des différents produits stockés et transférés, de la température moyenne annuelle et de la mise en place progressive, entre 1998 et 2005, des équipements de récupération.

#### b/ Distribution hors raffinerie et stations-service

Les émissions de COVNM relatives au stockage et à la manipulation de produits pétroliers volatils (essences auto, avion, spéciales et carburateurs) sont estimées au moyen de facteurs d'émission qui prennent en compte la mise en œuvre progressive des dispositifs de réduction des émissions tel que le « stage I » (récupération des événements) imposés par la réglementation [168, 169, 170, 171].

La progressivité dans l'application de ces dispositions s'étend de 1986 à 2005.

Les facteurs d'émission de COVNM relatifs au stockage et à la manipulation de carburateur (moins volatil que l'essence) sont considérés proportionnels (facteur de 70%) à ceux des produits pétroliers volatils de 1986 à 1998. A partir de 1998, le facteur d'émission est constant, car les effets de l'arrêté du 8 décembre 1995 se font sentir sur les émissions d'essence mais pas sur les dépôts de carburateurs qui sont en dehors du périmètre (combustible de l'aviation).

Les facteurs d'émission de COVNM relatifs au stockage et à la manipulation de produits pétroliers peu volatils (gazole, FOD, FOL) sont fournis par le Guidebook CORINAIR 1992 [1063]. Les FE sont considérés constants sur toute la série temporelle, car les réglementations ne concernent pas ce type de combustibles (peu volatils).

#### c/ Stations-service

Les émissions de COVNM relatives à la distribution d'essence dans les stations-service sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission élaboré à partir de la structure des stations faisant intervenir la taille, le nombre et le débit des stations, ainsi que la proportion de stations équipées de dispositifs de récupération des vapeurs et l'efficacité des dits dispositifs, ces paramètres variant au cours du temps [170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 972, 1188, 1189].

Le facteur d'émission de COVNM diminue au cours du temps grâce à la mise en place de dispositifs de limitation des rejets stage I et stage II mais également du fait qu'il y a de moins en moins de petites stations-service (non équipées d'un stage II) remplacées par quelques grandes stations-service (équipées d'un stage II).

#### d/ Stations d'expédition de produits pétroliers en raffinerie

Les rejets de COVNM des stations d'expédition sont déterminés à partir des déclarations annuelles [19]. Lorsque l'information n'est pas disponible, le facteur d'émission de l'année précédente est utilisé.

### 3.8.2.2 Extraction et distribution de gaz naturel (NFR 1B2b)

#### 3.8.2.2 Fugitive emissions from natural gas

##### Extraction et traitement du gaz naturel

##### *Production and processing of natural gas*

Pour le site de production de Lacq (site majoritaire), les données proviennent directement de la déclaration annuelle des rejets du site de Lacq [19, 404]. Pour les autres sites, les productions nationales de gaz naturel sont données par le CPDP [14].

##### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions proviennent directement de la déclaration annuelle des rejets du site de Lacq ou des communications directes de l'exploitant [19, 404]. En effet, le site de Lacq était le seul gisement de gaz acide qui contenait une forte teneur en H<sub>2</sub>S nécessitant donc une unité de désulfuration.

Des pics d'émission de SO<sub>2</sub> sont observés en 2000 et 2005. Cela est dû à des arrêts techniques dans le cadre du changement des catalyseurs sur les usines à soufre du site de Lacq. Ces unités permettent de récupérer jusque 99,5 à 99,7 % du soufre contenu dans les effluents gazeux. Durant ces périodes d'arrêts (1 mois environ), les effluents ne sont pas traités ce qui explique ces pics d'émission de SO<sub>2</sub>.

##### **Emissions de COVNM**

Avant 2014, la déclaration annuelle de rejets des polluants du site de Lacq donne les émissions pour le site [19, 404]. Les émissions des autres sites de production sont estimées au prorata de leurs productions de gaz considérant un ratio équivalent de production / émissions au site de Lacq. A partir de 2014, un changement méthodologique est opéré puisque le site de Lacq est à l'arrêt. Un facteur d'émission moyen est calculé sur la période 2007-2013. Ce facteur est ensuite appliqué pour le calcul des émissions postérieures à 2014.

##### Transport, stockage et distribution du gaz naturel

##### *Transmission, storage and distribution of natural gas*

##### Emissions du réseau de distribution

Les émissions du réseau de distribution sont principalement induites par les incidents et par les actes d'exploitation et de maintenance survenus sur le réseau de distribution.

Les émissions ne sont pas liées à la quantité de gaz passant dans les canalisations mais à la longueur de ces dernières (fuites liées à la perméabilité), aux micro-fuites et aux différentes opérations ayant lieu sur le réseau (travaux, incidents, rénovation, etc.). Ces émissions sont estimées selon une méthodologie développée par GRDF et extrapolées ensuite à l'ensemble du réseau de distribution.

##### Emissions du réseau de transport

Les émissions liées au réseau de transport proviennent des opérations de décompression des gazoducs lors des travaux sur le réseau (maintenance, exploitation, etc.) ainsi que des fuites liées à la conception et aux conditions d'exploitation de certains types d'équipements et des rejets liés au fonctionnement des soupapes de sécurité. Deux opérateurs partagent le réseau de transport : GRTgaz (filiale de ENGIE et représentant 86% du kilométrage en 2015) et Terega (ex-TIGF).

GRTgaz [334] transmet annuellement les émissions de son réseau depuis 2004. Avant cette date, les émissions du réseau GRTgaz sont considérées constantes hormis pour les micro-fuites résiduelles calculées au prorata du nombre de postes réseau.

Terega transmet annuellement les émissions de méthane depuis 2006. Avant cette date les émissions sont supposées constantes.

Emissions des sites de stockage

Les émissions des sites de stockage de gaz naturel proviennent des rejets liés à la conception et aux conditions d'exploitation de certains types d'équipements (démarrage et arrêt des installations de compression), des rejets ponctuels lors des opérations de maintenance et/ou de travaux, des fuites liées à un défaut d'étanchéité d'un équipement. Deux opérateurs partagent le stockage de gaz naturel : Storengy (filiale de ENGIE) et Terega (ex-TIGF).

Depuis 2007, les émissions sont issues des déclarations GERE pour les installations de Storengy ou communiquées annuellement par Terega [19, 629]. Avant cette date, les émissions sont considérées constantes.

Emissions des terminaux méthaniers

Les émissions des terminaux méthaniers sont issues des fuites des réservoirs de stockage, des rejets ponctuels lors d'opérations de maintenance et/ou de travaux sur les installations des terminaux méthaniers, des fuites liées à la conception et aux conditions d'exploitations de certains types d'équipement.

Depuis 2007, ces émissions sont issues des déclarations GERE pour les installations de Elengy (filiale de ENGIE) [19]. Avant cette date, les émissions sont considérées constantes.

Emissions des stations de compression

Les émissions des stations de compression sont issues des fuites des équipements, des rejets ponctuels lors d'opération de maintenance et/ou de travaux sur les installations de compression, ou des émissions lors de la mise en sécurité du site.

Depuis 2006, ces émissions sont communiquées annuellement par GRTgaz ((filiale de ENGIE) et Terega (ex-TIGF) [1075, 629]. Avant cette date, les émissions sont considérées constantes hormis pour les micro-fuites de GRTgaz calculées au prorata du nombre de compresseurs.

Les émissions totales obtenues sont ramenées à la consommation annuelle intérieure de gaz naturel (non corrigée du climat).

**Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont évaluées à partir des émissions de méthane (CH<sub>4</sub>), en tenant compte de la composition moyenne du gaz naturel consommé en France.

Cette composition est estimée annuellement à partir des quantités importées de gaz naturel par type de gisement (différent en fonction des pays d'approvisionnement) et de leur composition respective [679]. Cette composition moyenne varie donc légèrement d'une année à l'autre en fonction de la provenance du gaz naturel.

	Composition moyenne du gaz naturel (en masse)				
	1990	2000	2010	2020	2022
CH <sub>4</sub>	83,8%	85,6%	85,1%	88,5%	89,0%
COVNM	8,7%	8,2%	7,8%	6,5%	6,4%
Ratio CH <sub>4</sub> /COVNM	9,7	10,5	11,0	13,6	13,8

Les émissions lors du stockage et de la regazéification du GNL sont déterminées séparément en appliquant le même ratio.

Les émissions totales sont scindées en deux secteurs : le transport et la distribution. Elles sont rapportées à la consommation intérieure annuelle de gaz naturel (non corrigée du climat).

Il est également possible de rapporter ces émissions à la longueur totale du réseau de transport et de distribution (tous types de matériaux confondus).

Les émissions, la consommation annuelle, la longueur et la nature des réseaux ainsi que les facteurs d'émission pondérés varient chaque année.

Malgré l'augmentation constante de la longueur des réseaux de transport et de distribution, les émissions ont diminué en raison des efforts de sécurisation et de maintenance se traduisant par une diminution des incidents, une meilleure détection des fuites et une meilleure maîtrise des émissions.

### 3.8.2.3 Torchères et venting (NFR 1B2c)

#### 3.8.2.3 Flaring and venting

##### Torchères dans les raffineries

##### *Flaring in refining*

Le niveau d'activité considéré par raffinerie est la quantité de brut traité [14, 19].

Selon les informations disponibles, les émissions sont déterminées avec l'une des méthodes suivantes :

- les émissions sont déterminées par l'exploitant et rapportées via les déclarations annuelles de rejets [19].
- les émissions ne sont pas déterminées par l'exploitant. Des facteurs d'émission (littérature ou moyenne du site pour les années connues) rapportés à la quantité de brut traité sont appliqués.

##### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Selon les informations disponibles, les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées :

- à partir des déclarations annuelles d'émissions de chaque raffinerie [19],
- à partir d'un facteur d'émission moyen spécifique à chaque raffinerie basé sur les données des années récentes.

##### **Emissions de NO<sub>x</sub>, TSP**

Selon les informations disponibles, les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées :

- à partir des déclarations annuelles d'émissions de chaque raffinerie [19],
- à partir d'un facteur d'émission moyen par raffinerie basé sur les données des années récentes,
- à partir d'un facteur d'émission moyen calculé à partir de toutes les raffineries métropolitaines, pour les raffineries ne disposant d'aucune donnée sur l'ensemble de la série.

Pour les TSP, les émissions sont calculées sur la base du facteur d'émission du guide EMEP/EEA lui-même issu du guide CONCAWE *Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries* - Edition 2015. Seules les particules filtrables sont prises en compte.

##### **Emissions de COVNM, CO**

Selon les informations disponibles, les émissions de COVNM sont déterminées :

- à partir des déclarations annuelles d'émissions de chaque raffinerie [19],
- à partir d'un facteur d'émission moyen spécifique à chaque raffinerie basé sur les données des années récentes,
- à partir du facteur d'émission par défaut provenant du guidebook du CONCAWE [396], pour les sites pour lesquels aucune information n'est disponible sur toute la série.

##### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

La granulométrie pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> provient de l'étude CEPMEIP [49].

Les PM<sub>1,0</sub> sont supposées égales aux PM<sub>2,5</sub>.

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds des torches sont estimées à partir des quantités déclarées de gaz torchés et des facteurs d'émission proposés par le CONCAWE [1003].

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ . Ce ratio provient de la référence [1234].

Le ratio retenu pour le torchage en raffinerie est de 24%.

**Torchères et venting dans l'extraction de gaz et de pétrole***Flaring and venting in oil and gas production*

L'estimation des émissions, liées au torchage et à la ventilation lors de la production de pétrole, est basée sur la quantité annuelle de gaz torché estimée à partir de la production de pétrole en France [14] et des facteurs d'émission de la littérature [627]. Ces données permettent d'estimer les émissions de la plupart des substances, notamment celles participant à l'acidification et au changement climatique.

En ce qui concerne la production de gaz, l'activité, autrefois importante, est en régression continue avec l'épuisement des gisements en particulier celui de Lacq. A l'exception du site de Lacq qui était largement dominant jusqu'en 2014, les informations relatives au torchage lors de l'extraction du gaz sur les divers petits sites ne sont pas connues spécifiquement et sont estimées à partir des productions annuelles.

Concernant le torchage dans les terminaux méthaniers et les stations de compression, les quantités de gaz torché sont directement obtenues auprès des exploitants [19]. Faute d'information précise et compte tenu de la très faible activité, seules les émissions liées aux gaz à effet de serre sont estimées.

**Emissions de  $SO_2$ ,  $NO_x$ , COVNM, CO**Extraction du pétrole

Les émissions de COVNM liées à la ventilation (VEN) sur les sites d'extraction de pétrole sont calculées et déterminées à partir du facteur d'émission par défaut du GIEC [627] et de la production nationale de pétrole brut [14]. Le FE est supposé constant au cours du temps.

Les émissions de  $SO_2$ ,  $NO_x$ , COVNM et CO liées au torchage sur les sites d'extraction de pétrole sont estimées à partir de la quantité de gaz torché et des facteurs d'émission Tier 1 du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1234]. Les FE sont supposés constants au cours du temps.

Extraction du gaz

Jusqu'en 2014, les émissions proviennent directement de la déclaration annuelle des rejets du site de Lacq qui représente la quasi-totalité de la production [19]. Les FE des polluants du site de Lacq sont appliqués à la production des autres sites d'extraction de gaz naturel afin de calculer les émissions liées au torchage de l'ensemble de la production française.

A partir de 2014, le site de Lacq étant fermé, la méthodologie mise en place consiste en l'estimation d'un facteur moyen d'émission pour chacun des polluants sur les années 2009-2013. Ces facteurs permettent ensuite le calcul des émissions pour les années 2014 et suivantes liées aux activités de torchage sur les sites d'extraction de gaz encore en activité.

Le facteur d'émission du  $SO_2$  varie d'une année à l'autre en fonction de la quantité de gaz brûlé et du contenu en soufre. Des pics d'émissions sont observés certaines années et engendrés par des



conditions opératoires particulières au sein du site. Cela a, par exemple, été le cas en 2010 et 2013. En 2010, une quantité importante de gaz contenant un pourcentage élevé de H<sub>2</sub>S n'a pas pu être recyclé et a donc été dirigé vers les torchères (expliquant ainsi une hausse des émissions). Les fortes émissions de SO<sub>2</sub> en 2013 s'expliquent par le fait que le site de Lacq a fermé cette année-là et que plus de gaz a, par conséquent, été brûlé.

#### Stations de compression et terminaux méthaniers

Les émissions sont calculées à partir des déclarations annuelles de rejets [19]. Les FE spécifiques aux sites sont utilisés à partir de 2010 pour le NO<sub>x</sub> et le CO, 2011 pour le COVNM et 2013 pour le SO<sub>2</sub>. Faute des données fiables disponibles, une moyenne basée sur les 3 premières années disponibles est appliquée aux années précédentes.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

##### Extraction du gaz et pétrole

Les émissions sont calculées sur la base du facteur d'émission du guide EMEP/EEA [1185].

##### Stations de compression et terminaux méthaniers

**Les émissions sont calculées à partir des déclarations annuelles de rejets [19]. Les FE spécifiques aux sites sont utilisés à partir de 2013. Faute des données fiables disponibles, une moyenne basée sur les 3 premières années disponibles est appliquée aux années précédentes.**

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

##### Extraction du gaz et pétrole

La granulométrie provient du guide EMEP/EEA [1185]. Toutes les TSP sont des PM<sub>2,5</sub>.

##### Stations de compression et terminaux méthaniers

Les émissions sont calculées sur la base du facteur d'émission du TSP. **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est de 24% selon le guide EMEP/EEA [1185].

### 3.8.3 Incertitudes

#### 3.8.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 3.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 3.8.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

### 3.8.5 Recalculs

#### 3.8.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Les recalculs par sous-secteurs (1B2b ; 1B2c) sont présentés ci-dessous :

**Tableau 79 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1B2**

<b>1B2b - Extraction et distribution de gaz naturel (NFR 1B2b)</b>	
Emissions	Mise à jour de la donnée de fuites en 2021.
<b>1B2c - Flaring and venting</b>	
Emissions	Ajustement sur le calcul des émissions (facteur d'émission) de TSP de la raffinerie de Harfleur pour les années 2017, 2018 et 2021.

### 3.8.6 Améliorations envisagées

#### *3.8.6 Expected improvement*

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pas d'amélioration prévue pour ce secteur.

## 4. Procédés industriels totaux (Secteur NFR 2)

---

### 4. Total industrial processes

Cette catégorie regroupe l'ensemble des activités industrielles pour lesquelles le procédé utilisé est une source potentielle d'émissions de polluants atmosphériques. Cette section concerne donc les procédés industriels dont les émissions ne résultent pas d'une utilisation énergétique des combustibles à savoir, la production de produits minéraux (2A), la chimie (2B), la métallurgie (2C), des productions diverses (pâte à papier - 2H1, industries agroalimentaires - 2H2, travail du bois - 2I, etc.). Les émissions occasionnées par la combustion dans les fours (procédés énergétiques avec contact) sont comptabilisées dans la catégorie énergie (1A2).

La catégorie 2D3 regroupe l'ensemble des activités consommatrices de solvants ; la catégorie 2G traite des émissions liées à des activités diverses telles que la consommation de tabac (à l'origine d'émissions de NO<sub>x</sub>, CO, métaux lourds, HAP, particules et dioxines), les feux d'artifices.

Les secteurs consommateurs de solvants se répartissent en fonction des différents usages : l'application de peinture dans l'industrie et le résidentiel/tertiaire (peintures décoratives et anticorrosion), le dégraissage des pièces industrielles et le nettoyage à sec, la fabrication et la mise en œuvre de produits chimiques et d'autres activités telles que l'emploi d'encre et de colles.

Les émissions de COVNM provenant des secteurs industriels consommateurs de solvants sont réglementées par les prescriptions de l'arrêté du 2 février 1998 modifié transposant notamment la Directive européenne solvant 99/13/CE qui est aujourd'hui incluse dans l'annexe VI de la Directive 2010/75/CE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (Directive IED). Toutes les installations consommant plus d'une tonne de solvants par an doivent établir un bilan matière annuel des entrées et sorties de solvants sur leur site. Ce bilan matière, appelé plan de gestion des solvants (PGS), doit être transmis à la DREAL/DRIRE si la consommation de solvants est supérieure à 30 tonnes par an. Si les émissions de COVNM sont supérieures à 30 tonnes par an, ces PGS doivent être déclarés annuellement.

Lorsque l'information est disponible et vérifiée dans les déclarations annuelles, les PGS sont pris en compte individuellement afin de consolider les données de consommations et d'émissions par secteur et les réductions des émissions de COVNM.

Tableau 80: Emissions du secteur Procédés industriels en France (Métropole) en 2022

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx / recap\_procedes

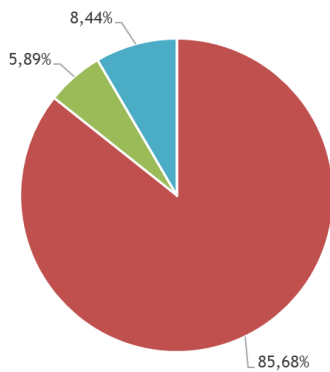
Substances	Unités	Emissions (*) 2022	Contributions au total national (%) en 2022
SO <sub>2</sub>	Gg	8,1	9,2%
NO <sub>x</sub>	Gg	5,3	0,8%
NH <sub>3</sub>	Gg	4,1	0,8%
COVNM	Gg	400	38%
CO	Gg	356	15%
As	Mg	0,1	1,5%
Cd	Mg	0,7	27%
Cr	Mg	3,4	11%
Cu	Mg	72	23%
Hg	Mg	0,3	12%
Ni	Mg	4,3	20%
Pb	Mg	4,1	4,6%
Se	Mg	0,5	5,3%
Zn	Mg	58	15%
PCDD/F	g iTEQ	3,8	3,1%
HAP	Mg	0,2	0,7%
PCB	kg	10	30%
HCB	kg	1	15%
TSP	Gg	184	23%
PM <sub>10</sub>	Gg	49	19%
PM <sub>2,5</sub>	Gg	20	12%
BC	Gg	0,05	0,2%

(\*) correspond au "total national" tel que défini dans le NFR excluant les memo items / corresponds to the "national total" as defined in the NFR excluding memo items

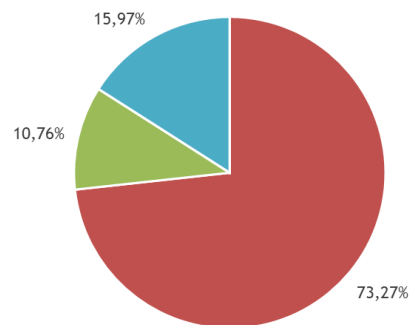
**Analyse des tendances**

**Emissions de NOx**

Procédés industriels - NOx (1990)



Procédés industriels - NOx (2022)



Procédés industriels - NOx (kt)

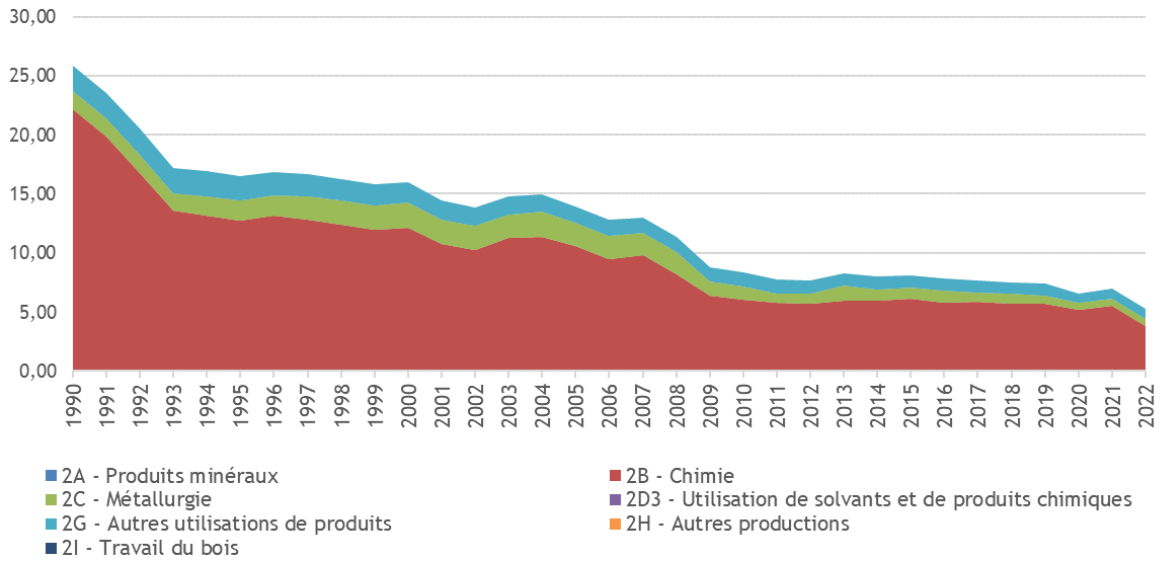


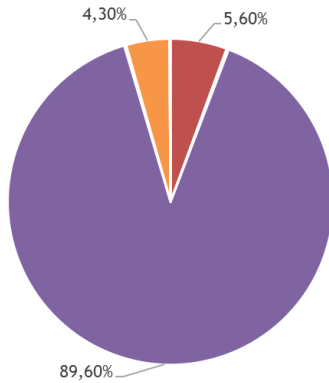
Figure 81 : Evolution et répartition des émissions de NOx du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de NOx ont fortement baissé depuis 1990 (-80% en 2022). Cette baisse est principalement imputable au secteur de la chimie, à l'origine de 86% des émissions du secteur en 1990 et 73% en 2022. Cette baisse est notamment liée à une quasi-élimination des émissions au niveau de la production d'acide nitrique, du fait de la mise en place progressive d'équipements de réduction des émissions.

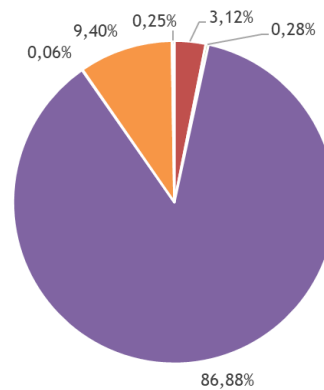
Le secteur des procédés industriels représente moins de 1% des émissions nationales de NOx en 2022.

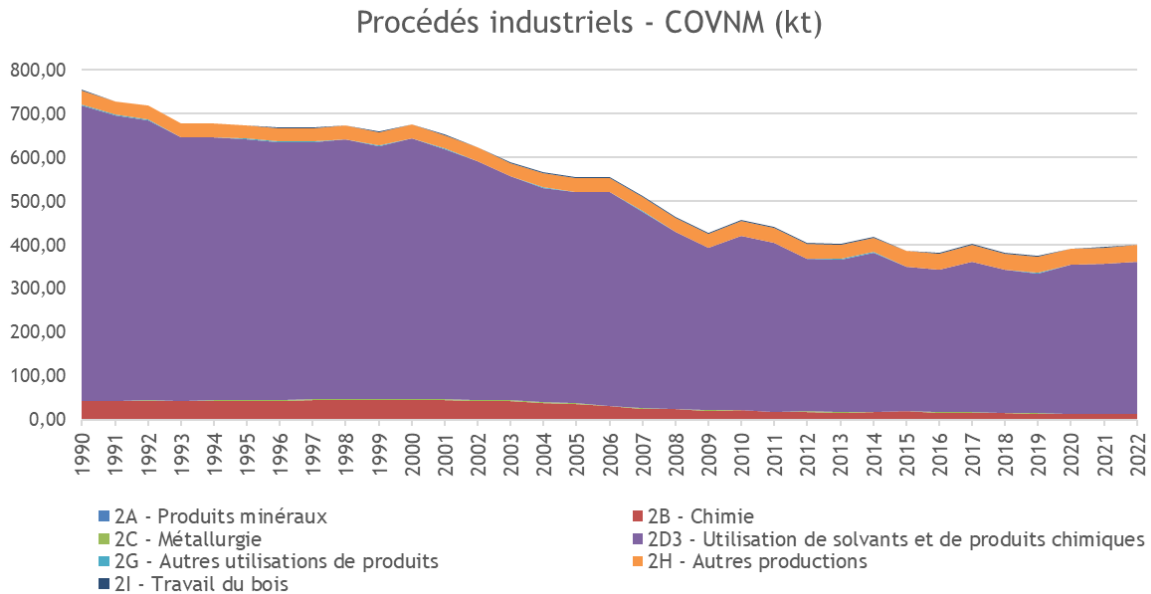
Emissions de COVNM

Procédés industriels - COVNM (1990)



Procédés industriels - COVNM (2022)



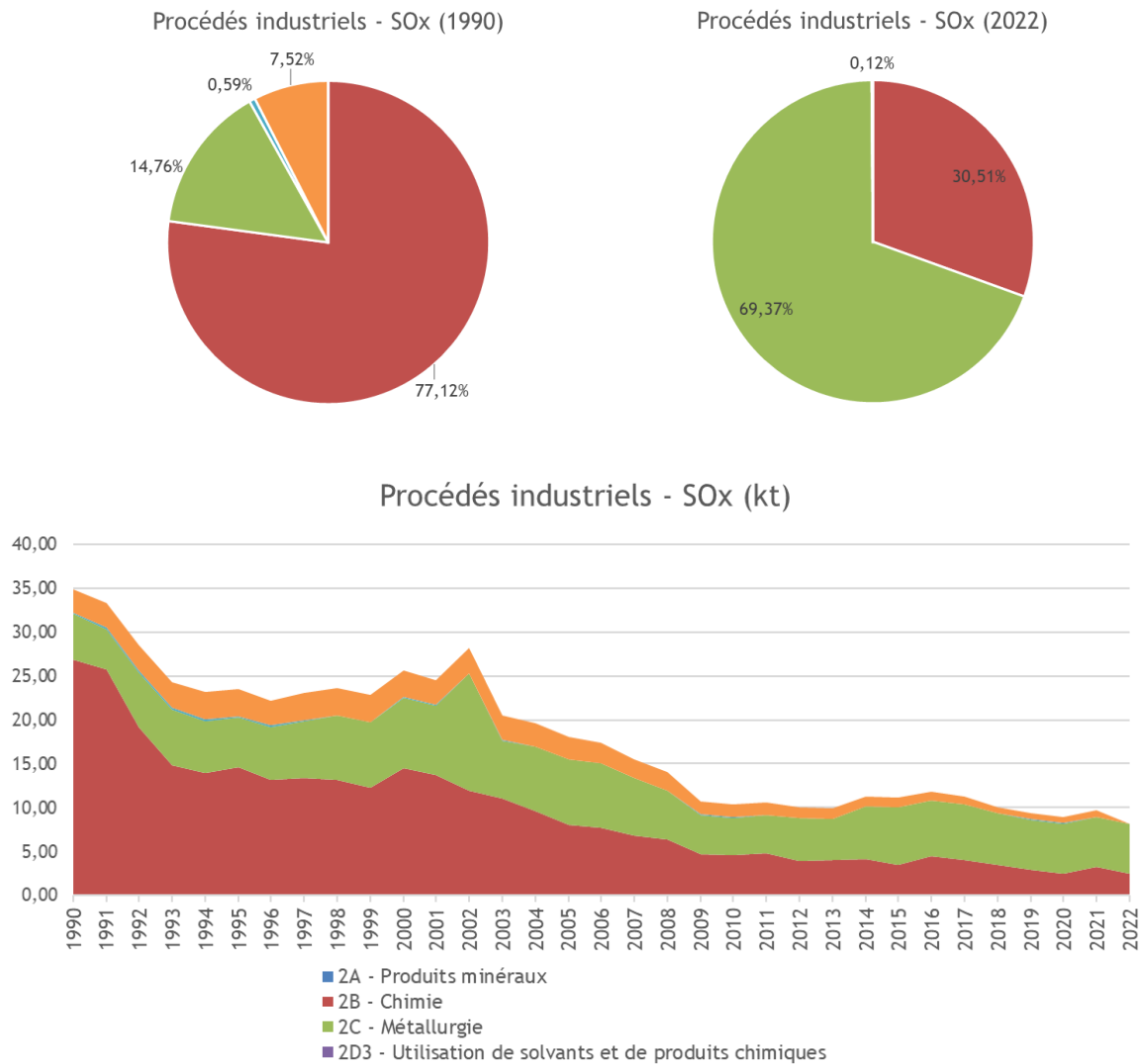


**Figure 82 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur Procédés industriels (kt)**

Les émissions de COVNM du secteur industriel ont diminué de moitié (-50%) entre 1990 et 2019. En lien avec la pandémie de Covid-19, la tendance des émissions de COVNM s'est inversée pour repartir à la hausse en 2020. L'augmentation par rapport à 2019 est de 4% en 2020, 6% en 2021 et 7% en 2022. Cela est dû à une consommation accrue de gel hydroalcoolique pour la désinfection des mains. Les émissions provenant de la chimie ainsi que de l'utilisation d'autres produits sont restées relativement stables. La baisse globale dans le secteur des procédés industriels est principalement attribuable au secteur 2D3, notamment en lien avec les applications de peinture et l'imprimerie du fait des actions combinées de mise en œuvre de dispositifs de réduction (oxydateur, adsorption), de la substitution par des produits à plus faible teneur en solvants et enfin par la fermeture de certains sites. Le dégraissage des métaux contribue également à cette baisse, suite à l'introduction progressive de machines hermétiques et à la substitution des produits chlorés utilisés par des produits lessiviels non solvatés.

En 2022, le secteur industriel est un fort contributeur au niveau national, représentant 38% des émissions totales nationales de COVNM.

**Emissions de SOx**

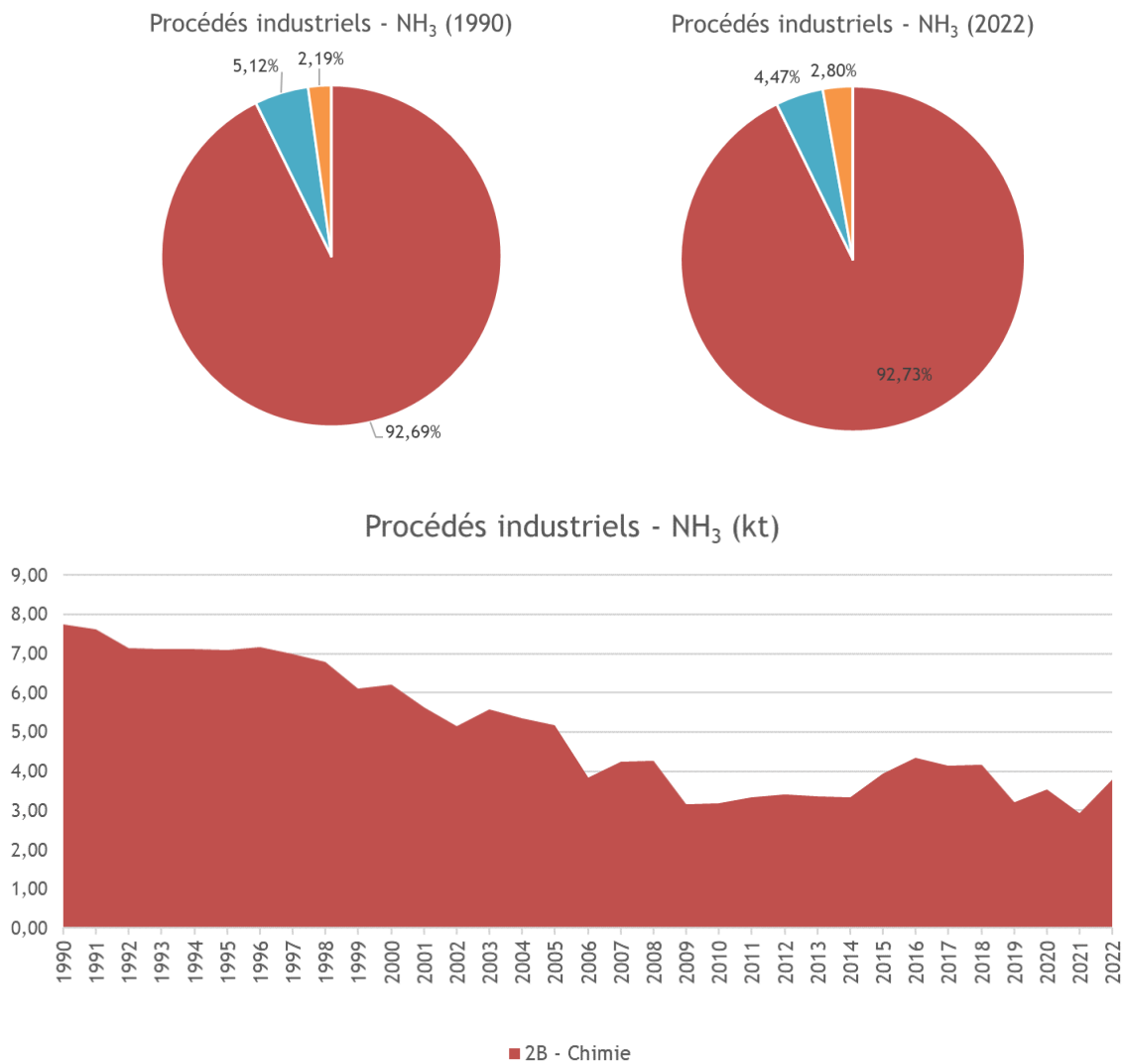


**Figure 83 : Evolution et répartition des émissions de SOx du secteur Procédés industriels (kt)**

Les émissions de SOx ont baissé de plus de 77% depuis 1990. Alors que le principal contributeur était le secteur de la chimie en 1990, le secteur de la métallurgie est devenu majoritaire depuis 2012 (69% des émissions du secteur en 2022).

La baisse des émissions de SOx dans le secteur de la chimie observée durant les deux dernières décennies est due à une forte baisse de la production d'acide sulfurique résultant de la fermeture de plusieurs sites. Des systèmes de traitement ont été progressivement installés (permettant une réduction des émissions allant de 85% à 95%). Egalement, la fermeture de deux sites (en 2009 et en 2016), a entraîné une réduction de la production de dioxyde de titane, ce qui a notamment eu pour effet une baisse des émissions de SOx.

En 2022, l'industrie représente 9% des émissions nationales de SOx.

Emissions de NH<sub>3</sub>

**Figure 84 : Evolution et répartition des émissions de NH<sub>3</sub> du secteur Procédés industriels (kt)**

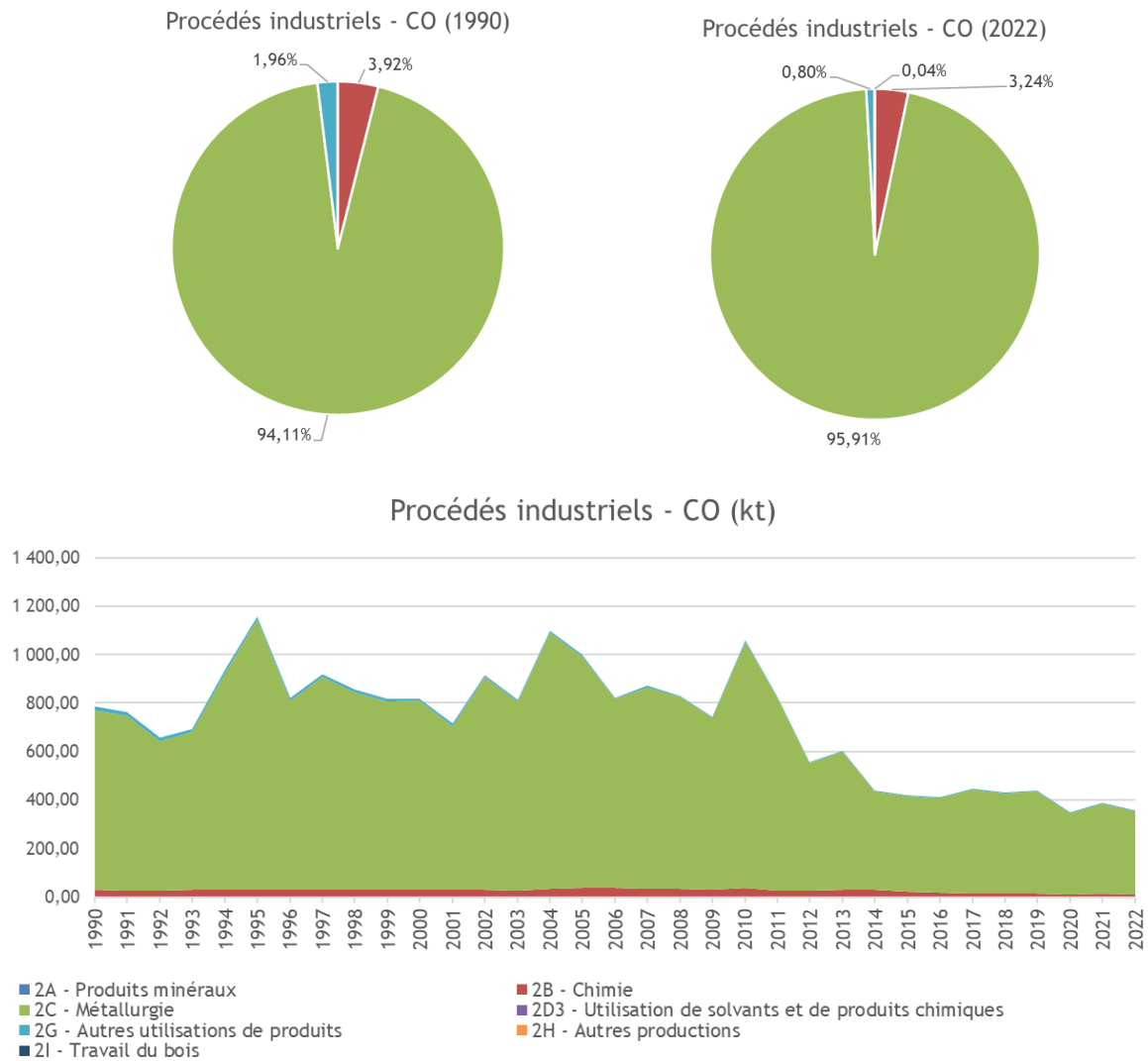
Les émissions de NH<sub>3</sub> du secteur industriel ont baissé de 51% entre 1990 et 2022. Alors que les émissions provenant des sous-secteurs 2G (Autres utilisations de produits) et 2H (Autres productions) sont restées stables, la baisse constatée pour le secteur est entièrement attribuable au sous-secteur de la chimie (2B). Cependant depuis 2008, les émissions du secteur de la chimie fluctuent sans avoir une tendance visible à la baisse ou à l'augmentation. La baisse des émissions de NH<sub>3</sub> depuis 1990 a plusieurs explications :

- Pour le sulfate d'ammonium, aucune production n'est recensée pour les années 2002 à 2007, puis depuis 2010 ;
- Pour le nitrate d'ammonium, les engrais NPK, et l'ammoniac, il y a une tendance à la baisse de la production depuis 1990 (même si la baisse n'est pas régulière) ;
- Par ailleurs, certains sites de production ont fermé depuis 1990.

En 2022, la contribution du secteur des procédés industriels au total national pour les émissions de NH<sub>3</sub> est marginale (moins de 1%).



**Emissions de CO**



**Figure 85 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur Procédés industriels (kt)**

Les émissions de monoxyde de carbone ont diminué de 55% entre 1990 et 2022 dans le secteur des procédés industriels. Plusieurs pics d'émissions ont toutefois été observés (1995, 2004, 2010). Les émissions proviennent presque exclusivement du secteur sidérurgique (fonte, acier, aggloméré).

Les variations observées au cours du temps sont la conséquence de fortes variations de production dans le secteur sidérurgique, ainsi que des fluctuations selon les années de la valorisation des gaz sidérurgiques (gaz de hauts fourneaux, gaz de cokeries, gaz d'aciéries), paramètre jouant directement sur le facteur d'émission du CO.

En 1995, l'augmentation observée des émissions de CO est principalement due à l'augmentation de la quantité de gaz de hauts fourneaux non valorisés dans le secteur de la production d'acier (sites sidérurgiques intégrés). En 2004, l'augmentation des émissions est liée en grande partie à une forte quantité de gaz de haut-fourneau produite et consommée, dont la part non valorisée est plus importante que les autres années. La crise économique de 2008 a fortement impacté le secteur sidérurgique dont les émissions en baisse sont particulièrement observables en 2009. En 2010, c'est suite à la reprise de l'activité sidérurgique que le secteur retrouve son niveau d'émissions avant crise. En 2012, la forte baisse des émissions observée au sein du secteur industriel s'explique par la fermeture, fin 2011, du site sidérurgique de Florange et par une meilleure valorisation du gaz de

haut-fourneau en sidérurgie. Après une période de relative stabilité entre 2014 et 2019, les émissions observées en 2020 ont fortement chuté : -20% en 2020 par rapport à 2019. En cause, la pandémie de Covid-19 et un arrêt des productions durant plusieurs mois de l'année. Les émissions sont repartiées à la hausse (+12%) en 2021 puis elles ont rebaisé en 2022 (-8% par rapport à 2021).

En 2022, le secteur industriel contribue à hauteur de 15% du total national des émissions de CO.

Emissions de PM<sub>2,5</sub>

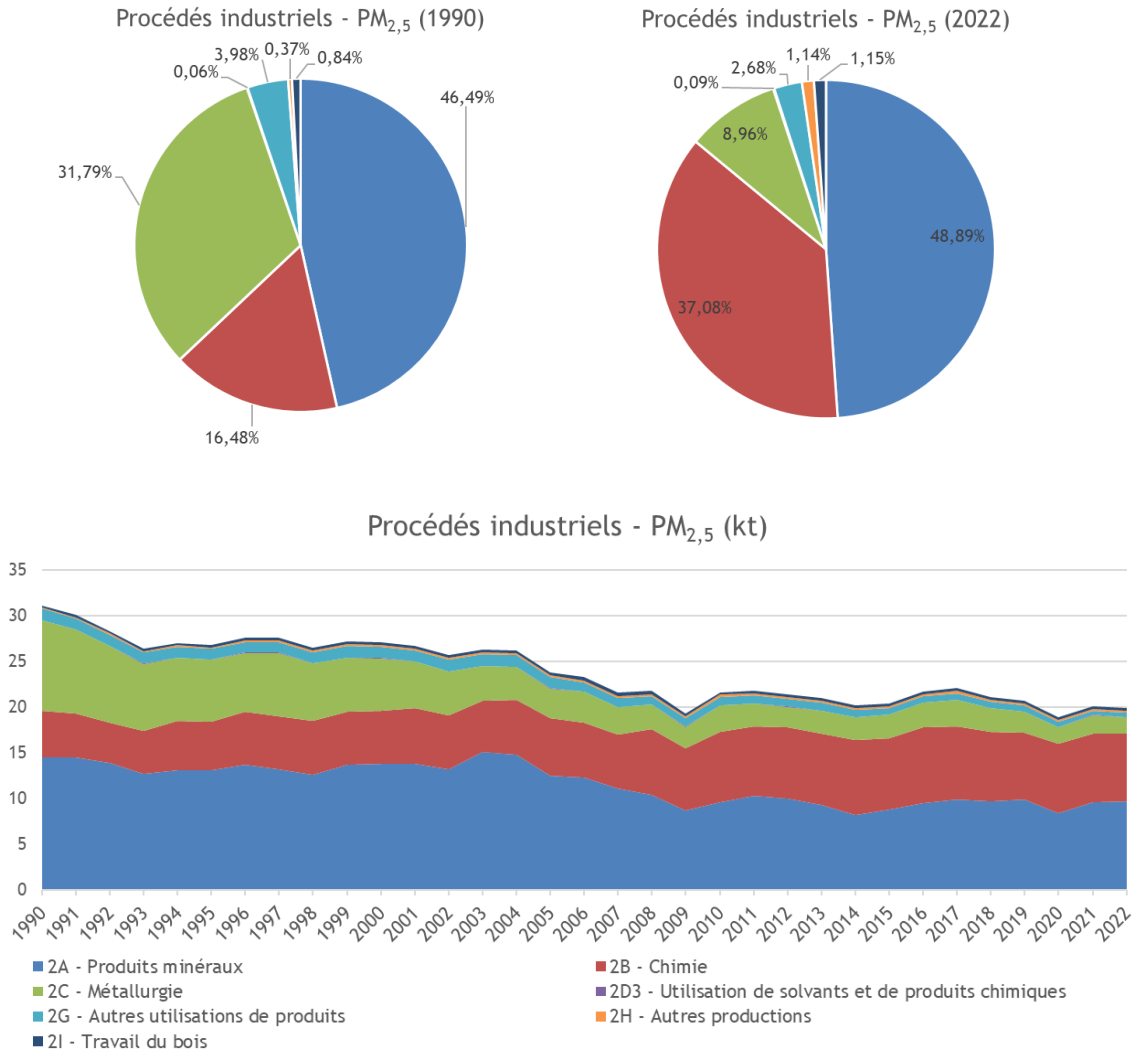


Figure 86 : Evolution et répartition des émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de PM<sub>2,5</sub> proviennent essentiellement de l'industrie minérale, de la métallurgie et de la chimie, au sein des procédés industriels. La baisse des émissions entre 1990 et 2022 (-36%) est essentiellement dû en raison de la baisse observée dans le secteur de la métallurgie. Cette baisse vient notamment des progrès réalisés par les sidérurgistes, particulièrement dans les aciéries électriques. En 2020, suite à la pandémie de Covid-19, les émissions du secteur ont baissé de 9% par rapport à 2019. Les émissions sont repartiées à la hausse (+7%) en 2021 et elles ont très légèrement baissé en 2022 (-1% par rapport à 2021).

Dans le secteur 2A (production minérale), les émissions ont baissé de 33% entre 1990 et 2022, en cause une baisse de la production globale, notamment de ciment (-41%), et de l'activité dans le secteur du bâtiment et travaux publics (-33%). La pandémie de Covid-19 qui a marqué l'année 2020 a

accentué la baisse observée. Ainsi, les émissions du secteur 2A ont baissé de 42% entre 1990 et 2020. Les émissions proviennent majoritairement de la construction et de la manutention dans les carrières.

Les émissions du secteur 2B de la chimie ont augmenté entre 1990 et 2022 (+43%) mais depuis 2016 (pic sur la série chronologique) les émissions diminuent (-11% entre 2016 et 2022) avec une très légère augmentation pour ce secteur 2B en 2020.

En 2022, les émissions de PM<sub>2,5</sub> de l'industrie représente environ 12% des émissions nationales.

Emissions de PM<sub>10</sub>

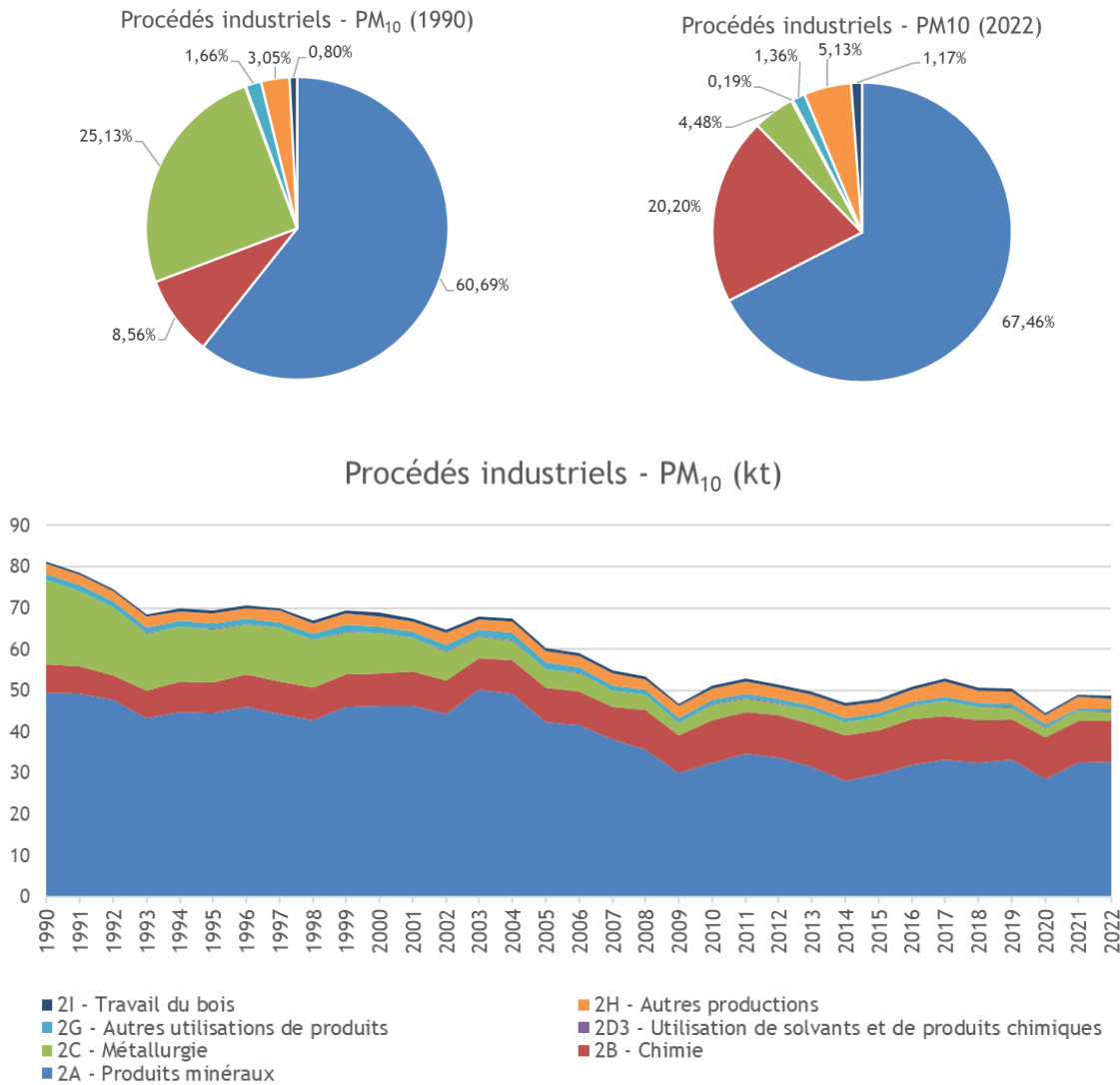


Figure 87 : Evolution et répartition des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur Procédés industriels (kt)

Entre 1990 et 2022, les émissions de PM<sub>10</sub> ont diminué de 40% dans le secteur des procédés industriels. Les baisses les plus conséquentes concernent les deux secteurs qui étaient les plus émetteurs en 1990 : la production minérale et la métallurgie.

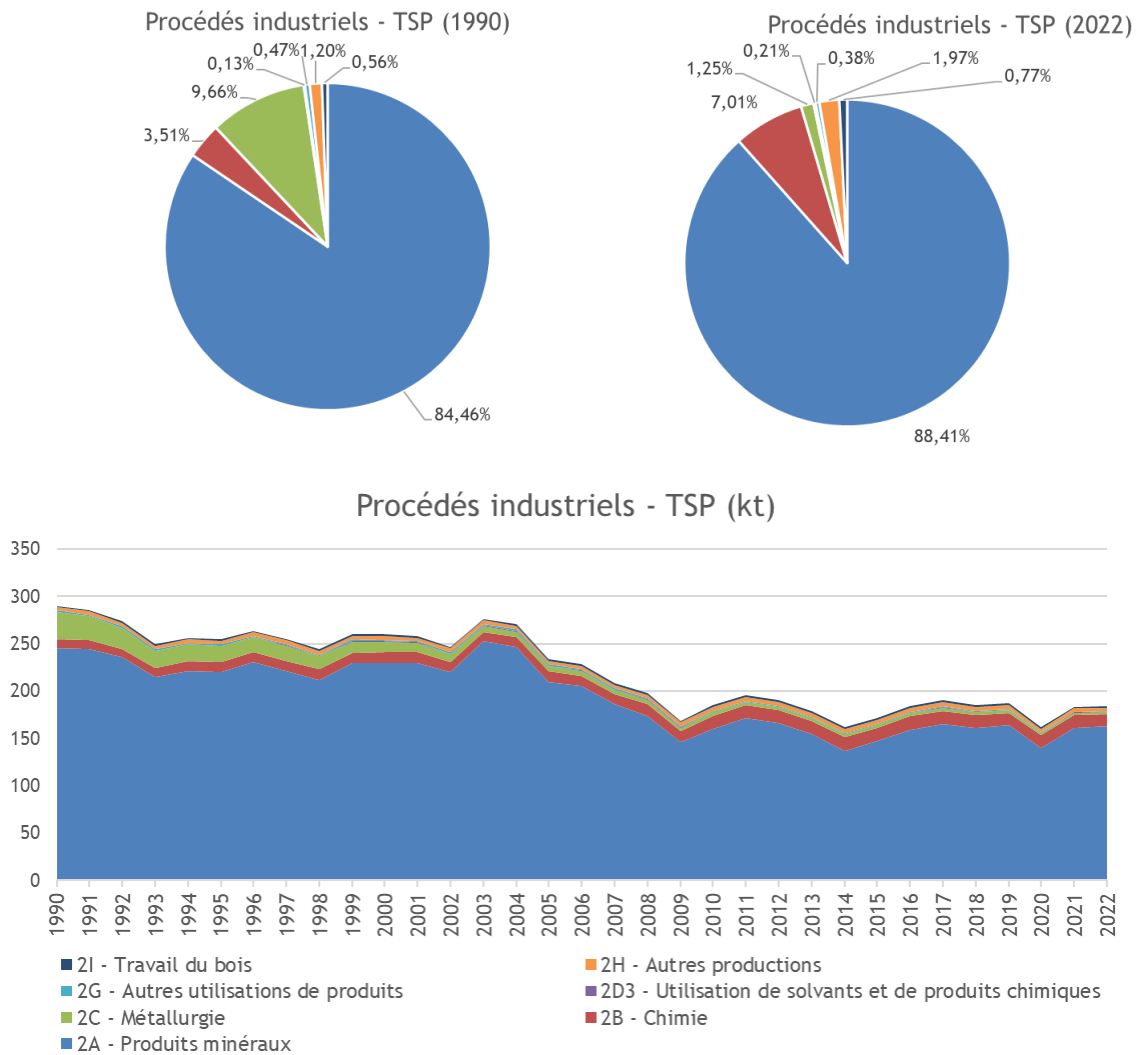
Concernant la production minérale, de nombreuses installations industrielles ont mis en place des techniques de dépoussiérage. Les variations observées au cours du temps s'expliquent par les variations de l'activité des chantiers du BTP. Concernant le secteur de la métallurgie, les progrès

réalisés par les sidérurgistes dans les aciéries électriques expliquent en grande partie la baisse des émissions (-89%).

Les émissions du secteur 2B de la chimie ont augmenté entre 1990 et 2022 (+41%) mais depuis 2016 (pic sur la série chronologique) les émissions diminuent (-11% entre 2016 et 2022) avec une très légère augmentation pour ce secteur 2B en 2020.

En 2022, près de 19% des émissions de  $PM_{10}$  en France proviennent du secteur des procédés industriels.

**Emissions de TSP**



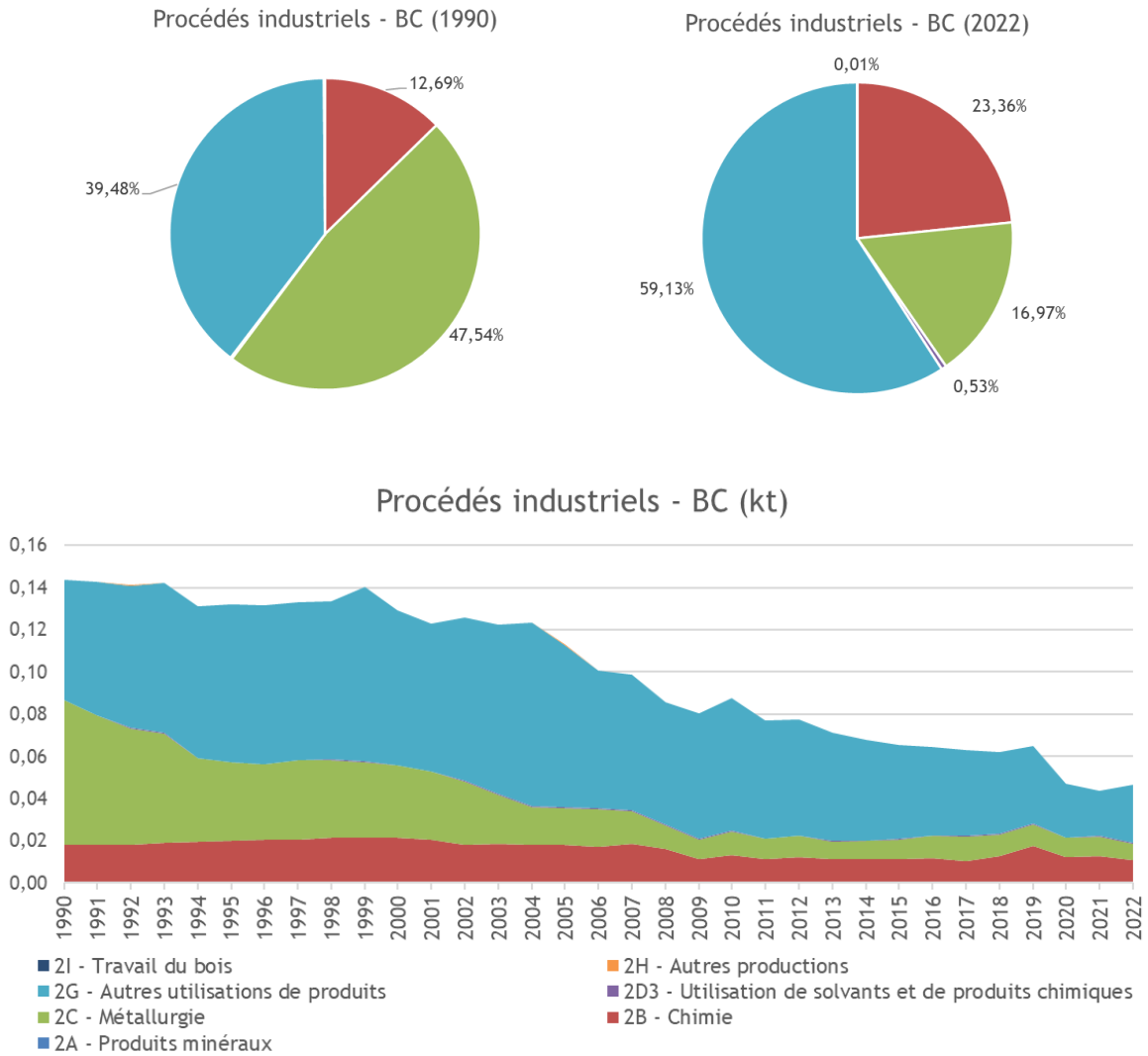
**Figure 88 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur Procédés industriels (kt)**

Les émissions de poussières dans le secteur industriel ont baissé de 37% entre 1990 et 2022. Cette forte baisse s’observe notamment dans le secteur de la production minérale, suite à la mise en place de dépoussiéreurs sur plusieurs sites industriels ainsi que par la baisse de l’activité dans le secteur du BTP suite à la crise économique de 2008 ainsi qu’à la baisse globale des activités en 2020 suite à la pandémie de Covid-19. L’année 2020 correspond à l’année où les émissions sont les plus faibles sur l’ensemble de la série (-44% par rapport à 1990).

Concernant la métallurgie, la baisse s’explique par les progrès réalisés dans les aciéries électriques par les sidérurgistes. Les émissions du secteur 2B de la chimie ont augmenté entre 1990 et 2022 (+26%) en raison d’une augmentation de production de sulfure de carbone et d’hydrogène en France.

En 2022, le secteur industriel contribue à hauteur de 23% aux émissions nationales de TSP.

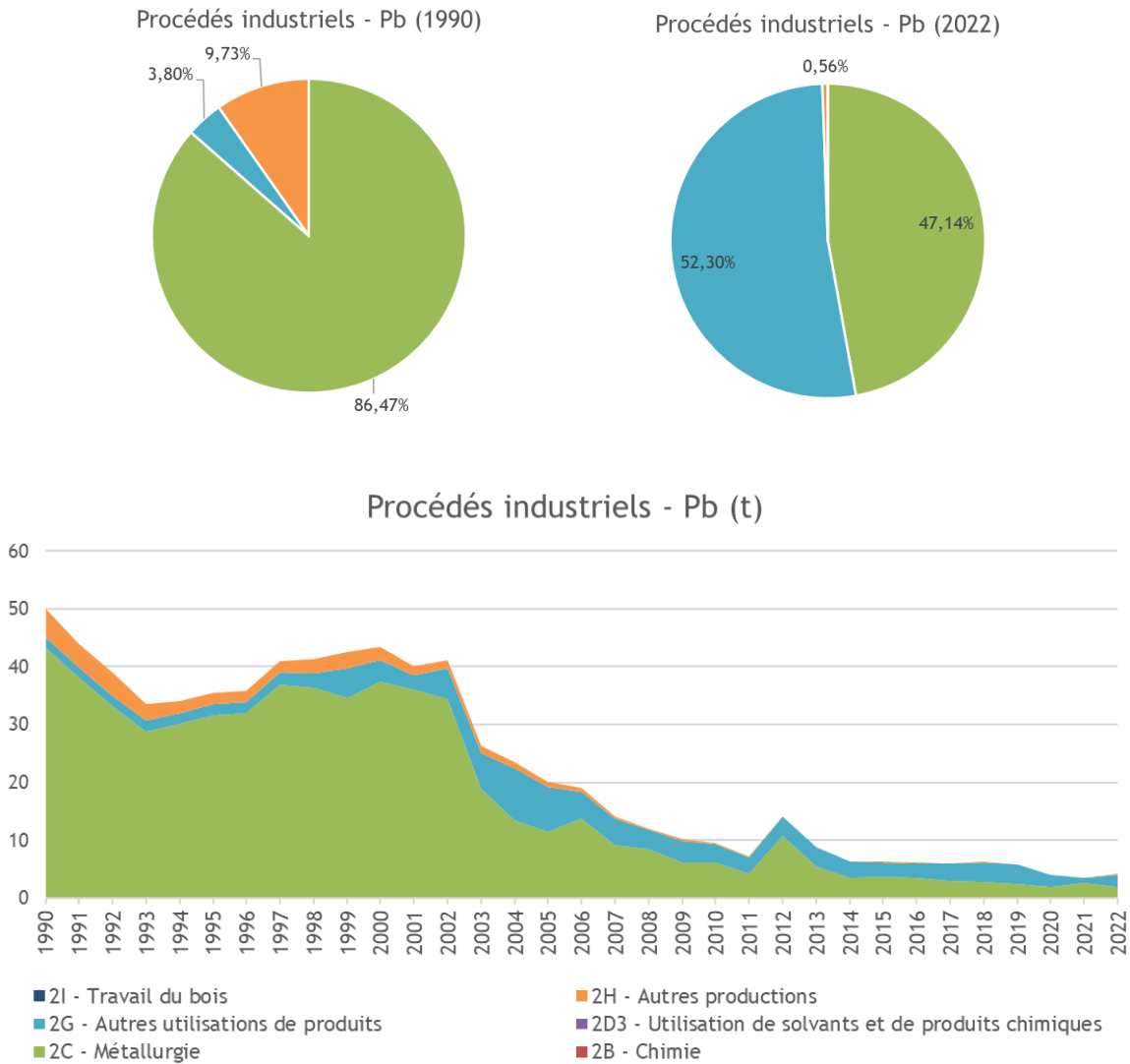
**Emissions de BC**



**Figure 89 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur Procédés industriels (kt)**

Les émissions de carbone suie ont baissé de 68% entre 1990 et 2022. Les émissions sont faibles en valeur absolue. En effet, aucun des secteurs de l'industrie n'est une source clé (en terme de niveau ou d'évolution) pour ce polluant. Le secteur Procédés industriels ne représente que 0,17% du total national en 2022 des émissions de carbone suie.

**Emissions de Pb**

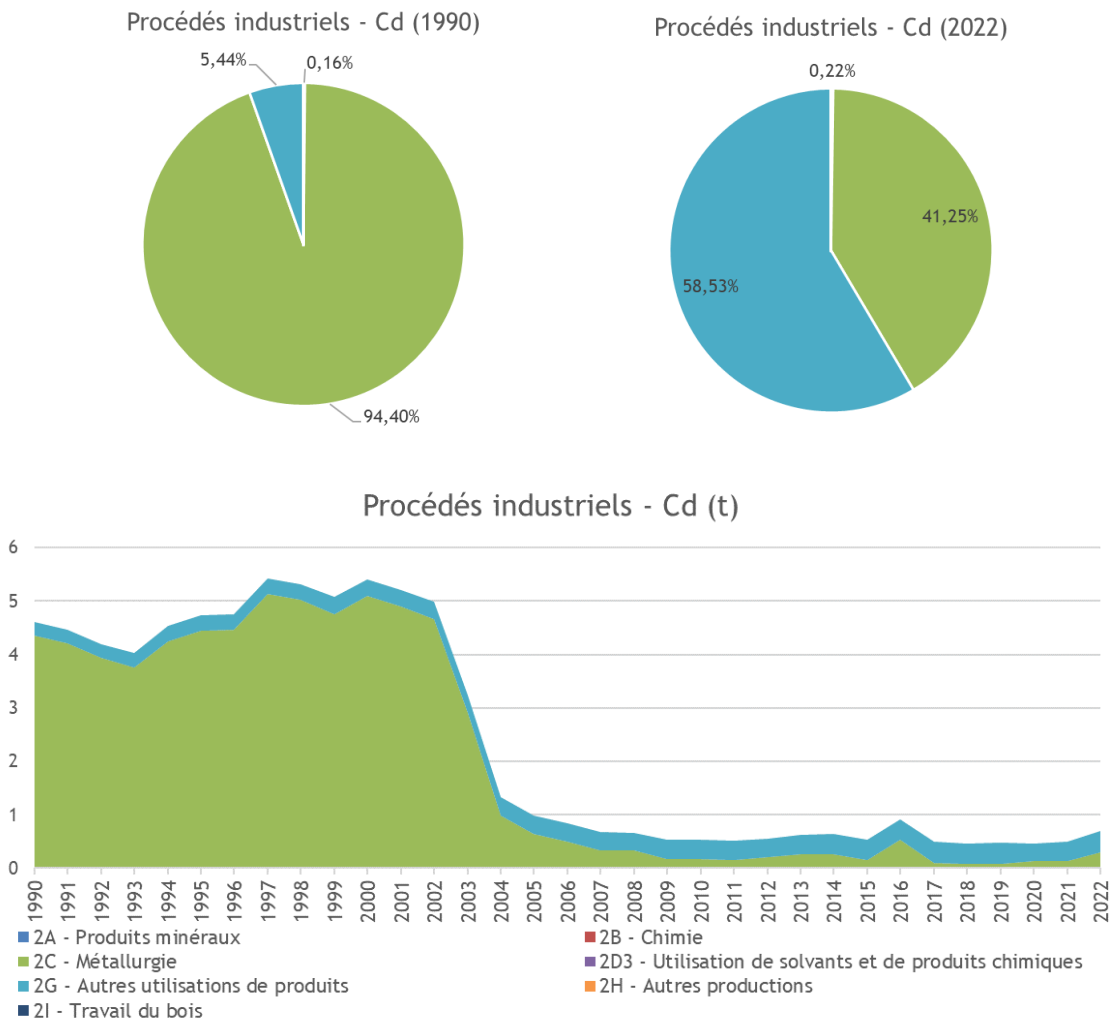


**Figure 90 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur Procédés industriels (t)**

La forte baisse des émissions de plomb dans ce secteur (-92% entre 1990 et 2022) est principalement liée, d’une part, à la fermeture d’un important producteur de zinc et de plomb de première fusion en 2003 et, d’autre part, à la mise en place de dépoussiéreurs sur de nombreuses installations industrielles. Le pic observé en 2012 s’explique par des rejets diffus très importants sur l’une des aciéries électriques, où la situation est revenue à la normale en 2013. La pandémie de Covid-19 en 2020, et les confinements successifs ont entraîné une baisse des émissions de 29% par rapport à 2019. La baisse s’est poursuivie en 2021, avec -15% par rapport à 2020, mais les émissions ont réaugmenté en 2022 : +18%.

L’industrie représente 5% des émissions nationales de plomb en 2022.

**Emissions de Cd**



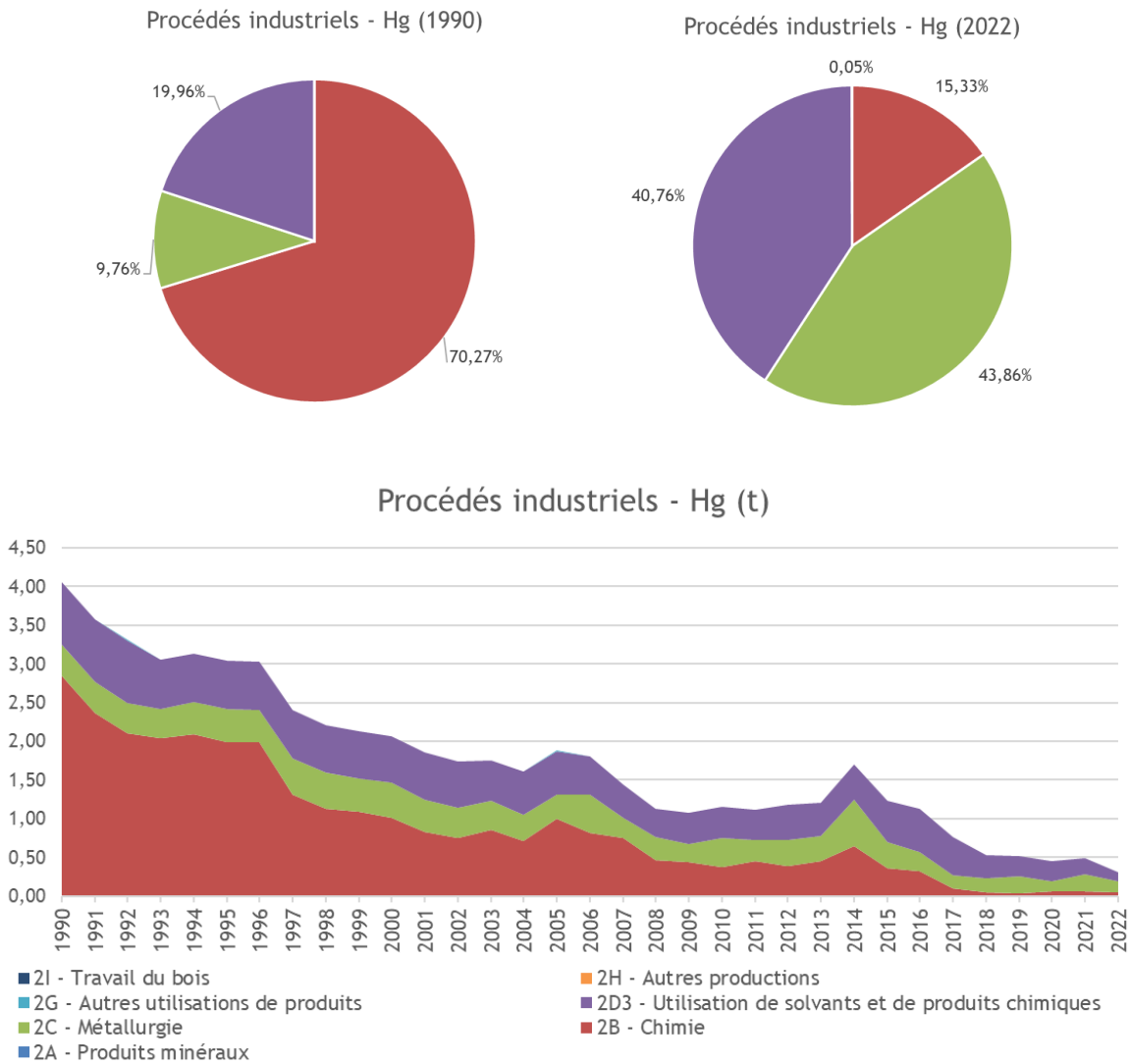
**Figure 91 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur Procédés industriels (t)**

La forte baisse des émissions de cadmium dans ce secteur (-85% entre 1990 et 2022) est principalement liée à la mise en place de dépoussiéreurs sur de nombreuses installations industrielles.

En 2022, les émissions de cadmium provenant du secteur des procédés industriels sont faibles en valeur absolue (0,7 tonne), mais représente tout de même 27% du total national.



**Emissions de Hg**

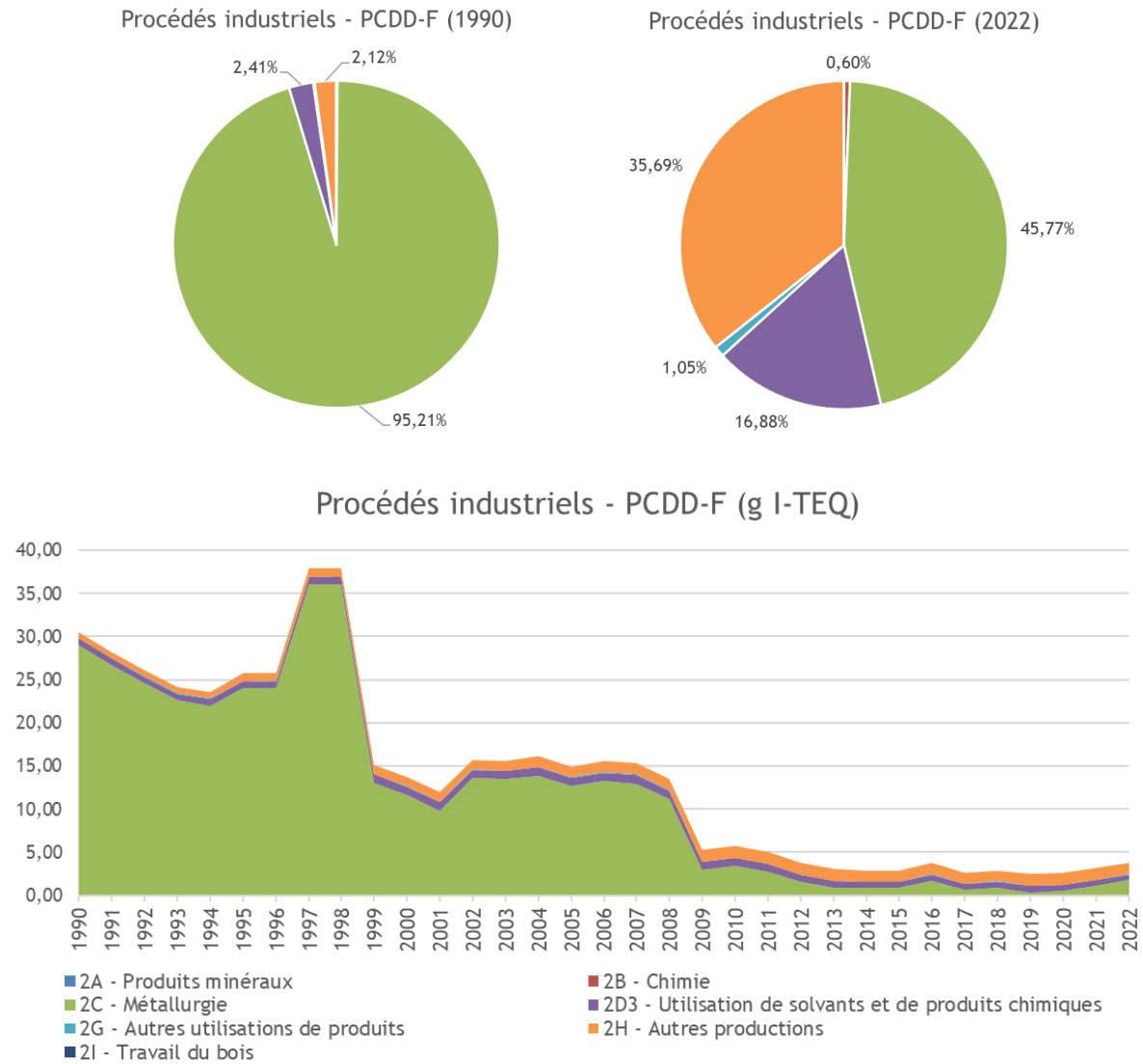


**Figure 92 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur Procédés industriels (t)**

La baisse observée dans les émissions de mercure depuis 1990 (-92% en 2022) s'explique principalement par les progrès réalisés dans l'industrie de la chimie et dans le contrôle des émissions lors de la production de chlore.

Le secteur industriel représente 12% des émissions nationales de mercure en 2022.

**Emissions de PCDD-F**



**Figure 93 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur Procédés industriels (g I-TEQ)**

La baisse observée dans le secteur de l'industrie s'explique par les progrès réalisés sur les sites sidérurgiques. Entre 1993 et 1998, les émissions du secteur de la métallurgie ont connu une très forte augmentation à la suite de l'ouverture en 1993 d'un site produisant du zinc à partir de déchets spéciaux très fortement émetteur de dioxines. A compter de 1998, ce site a mis en place des équipements de traitement des effluents gazeux d'où une baisse des émissions. Les émissions du secteur ont diminué de 87% en 2022 par rapport à 1990.

En 2022, l'industrie contribue de manière assez marginale (3%) aux émissions nationales de PCDD-F.

**Emissions de HAPs**

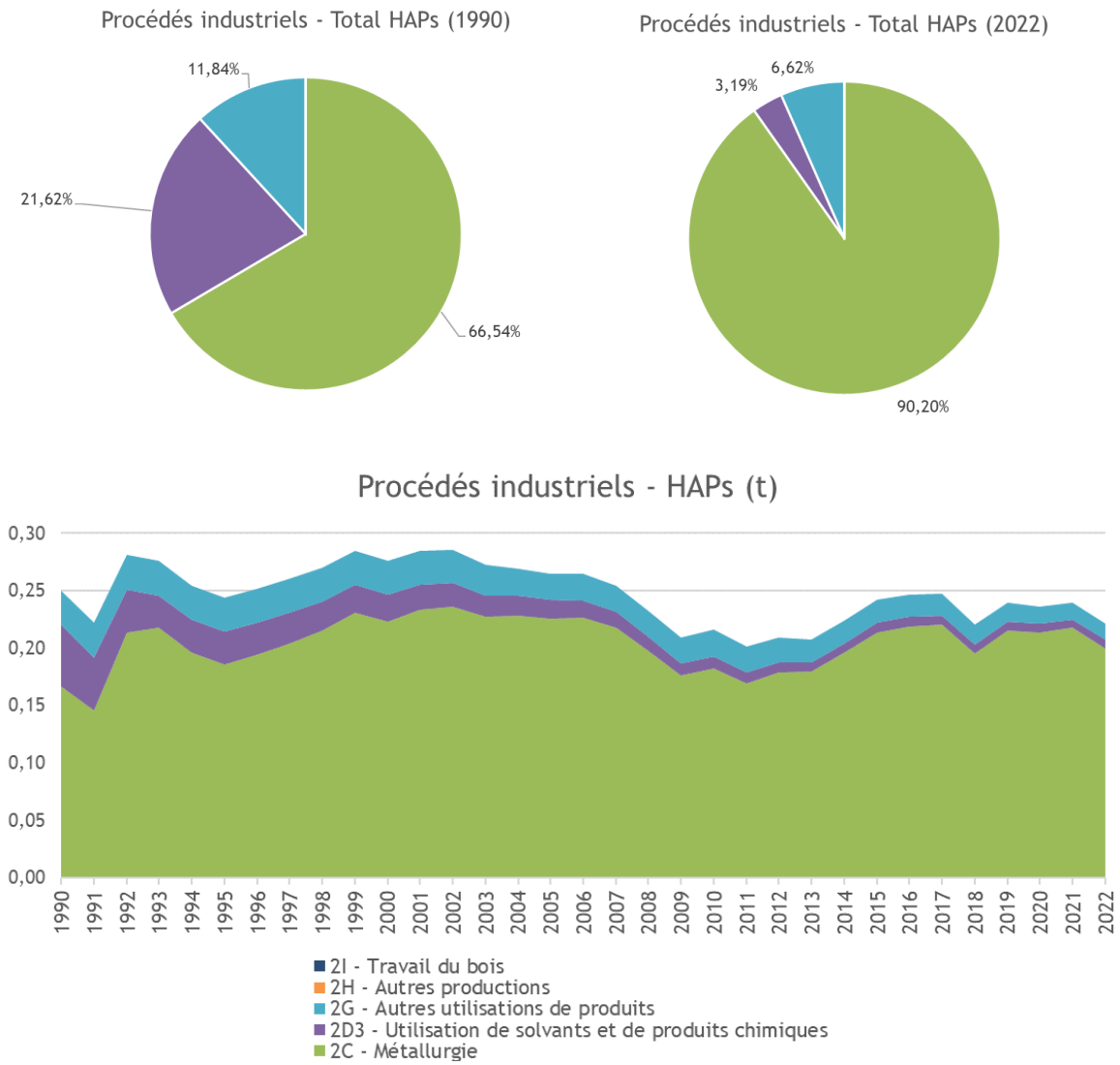
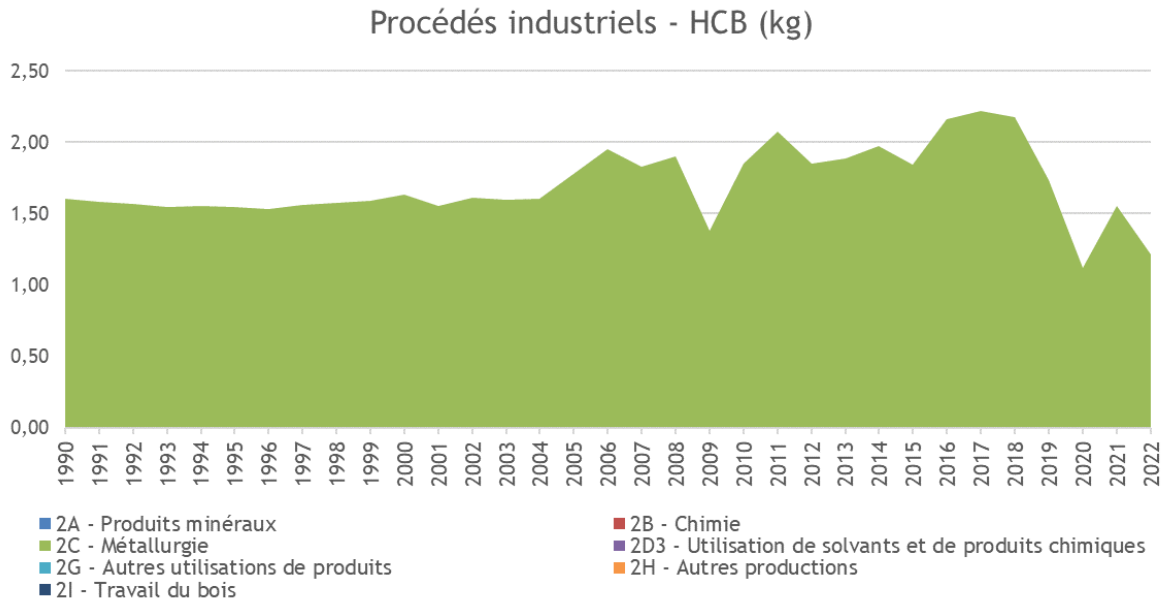


Figure 94 : Evolution et répartition des émissions de HAPs du secteur Procédés industriels (t)

Les émissions de HAP du secteur industriel sont relativement stables depuis 1990. Le principal sous-secteur contributeur est celui de la métallurgie (NFR 2C). Toutefois, au niveau national, sa contribution aux émissions de HAP n'est que de 0,7% en 2022.

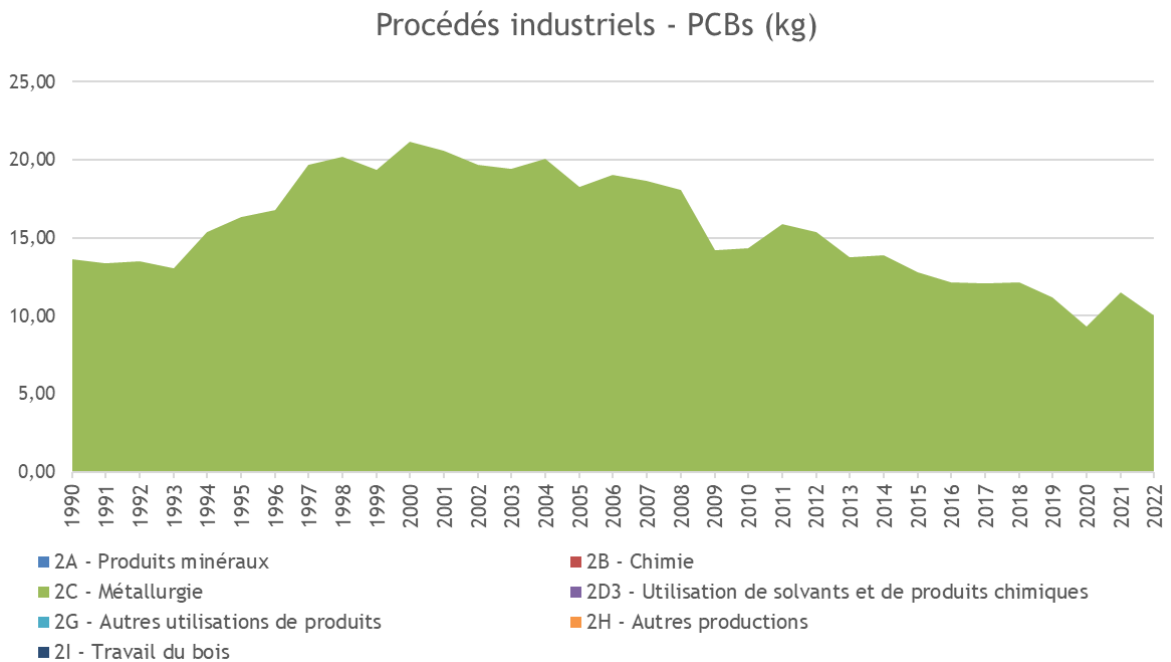
**Emissions de HCB**



**Figure 95 : Evolution et répartition des émissions de HCB du secteur Procédés industriels (kg)**

Concernant les émissions de HCB du secteur industriel, elles proviennent exclusivement du sous-secteur de la métallurgie (NFR 2C). La contribution au niveau national est de 15% en 2022.

**Emissions de PCB**



**Figure 96 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur Procédés industriels (kg)**

Les émissions de PCB du secteur industriel proviennent exclusivement du sous-secteur de la métallurgie (NFR 2C). Ce sous-secteur contribue à 30% des émissions nationales de PCB en 2022 (deuxième contributeur). Les émissions ont augmenté de 1990 à 1997 du fait d'une augmentation de la production dans les aciéries électriques, puis se sont stabilisées jusqu'en 2008, avec un pic atteint en 2000. La crise économique de 2009 a entraîné une réduction de l'activité dans le secteur et a initié

une diminution constante jusqu'aujourd'hui. L'année 2020, marquée par la pandémie de Covid-19, a accentué cette tendance, puisque le niveau d'émission atteint cette année-là est le plus faible sur l'ensemble de la série (-32% par rapport à 1990). Les émissions ont réaugmenté en 2021 (-15% par rapport à 1990), dépassant le niveau de 2019 pour diminuer à nouveau en 2022.

## 4.1 Produits minéraux (NFR 2A)

### 4.1 Mineral products (NFR 2A)

#### 4.1.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 4.1.1 Main features

Seul le sous-secteur 2A5 (extraction de minéraux) est une catégorie clé. Les autres sous-secteurs 2A ne sont pas catégorie clé en niveau ni en évolution.

Tableau 81 : Polluants pour lesquels le secteur 2A5 est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
PM <sub>2,5</sub>	3	5,7%	-	-
PM <sub>10</sub>	2	13,0%	5	4,5%
TSP	2	20,4%	2	17,5%

#### 4.1.1.1. Production de ciment (NFR 2A1)

##### 4.1.1.1 Cement production

La quantité de clinker produite annuellement est connue auprès du Syndicat Français de l'Industrie Cimentière [218] pour la période avant 2004. A partir de l'année 2004, la production nationale de clinker est obtenue en agrégeant les productions recueillies au niveau des sites industriels.

#### 4.1.1.2. Production de chaux (NFR 2A2)

##### 4.1.1.2 Lime production

Dans le secteur de la production de chaux, trois types de production de chaux sont à distinguer :

- la production de **chaux aérienne**, également appelée chaux grasse ou chaux calcique et de **chaux magnésienne**. La chaux aérienne est principalement constituée d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium qui durcit lentement à l'air sous l'effet du CO<sub>2</sub> présent dans l'air. Elle prend en compte la chaux vive et la chaux éteinte.

La chaux magnésienne est constituée intégralement d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium et de magnésium. Elle résulte de la calcination de la dolomie.

Les données de production pour ces deux types de chaux proviennent de la fédération de la chaux [190] sur l'ensemble de la période. Les sites de production de chaux aérienne et magnésienne sont présents en France métropolitaine.

- la production de **chaux hydraulique**. La chaux hydraulique est produite par la calcination d'un calcaire plus ou moins argileux et siliceux avec réduction en poudre par extinction avec ou sans broyage. Elle est constituée d'hydroxyde de calcium, de silicates et d'aluminates de calcium.

Il y a très peu de sites de production de chaux hydraulique en France métropolitaine : les quatre sites les plus importants soumis au système déclaratif annuel des rejets (plus que 3 sites depuis 2013) et deux autres plus petits sites.

La production pour les plus gros sites est connue via les déclarations individuelles [19] ou via des communications directes des sites. La production des deux autres plus petits sites est connue en 2004 à partir de données transmises par la profession [195]. En 2004, ces 2 sites représentent 3% de la production de chaux hydraulique totale. Ce pourcentage est conservé pour estimer la production sur l'ensemble de la période.

- la production de **chaux dans le secteur de production de sucre de betteraves** (auto-producteur). L'estimation de la quantité de  $\text{CaCO}_3$  contenue dans les roches calcaires utilisées par les sucriers est basée sur la quantité de betterave traitée [332]. Une partie de la quantité de  $\text{CaCO}_3$  se retrouve dans les écumes de sucrerie (ensuite réutilisées en agriculture comme amendement minéral basique). Un rendement de 98% de récupération des carbonates, pour estimer la quantité de  $\text{CO}_2$  émise au niveau du site, est retenu. Cette valeur du rendement est basée sur une estimation prudente des possibles pertes au niveau de l'étape de carbonatation du jus de sucre. En effet, selon le point 10 de l'annexe IV du règlement 2018/2066 (sur la surveillance et déclaration des émissions de  $\text{CO}_2$  dans le cadre de l'EU ETS), « lorsque la chaux vive et le  $\text{CO}_2$  issus du calcaire sont utilisés dans des procédés de purification [carbonatation du jus de sucre], de sorte qu'approximativement la même quantité de  $\text{CO}_2$  se trouve à nouveau sous forme liée, il n'est pas nécessaire de faire figurer séparément la décomposition des carbonates et ledit procédé d'épuration dans le plan de surveillance de l'installation ». Cela signifie que les installations soumises à l'EU ETS qui produisent la chaux nécessaire à la production de sucre ne comptabilisent pas d'émission de décarbonatation pour la production de cette chaux. Afin d'éviter toute sous-estimation des émissions, des pertes de l'ordre de 2% sont comptabilisées, correspondant à des émissions à l'atmosphère.

#### 4.1.1.3. Production de verre (NFR 2A3)

#### 4.1.1.3 Glass production

La production de verre se répartit en plusieurs secteurs :

- la production de verre plat (SNAP 030314) qui correspond aux glaces et verres à vitres, 6 sites de production en activité.
- la production de verre creux (SNAP 030315) qui comporte les bouteilles et bombonnes, les flacons et les pots industriels, la gobeletterie et les bocaux. Le verre creux avec 31 sites en activité, est le poste le plus important dans la fabrication de verre puisqu'il représente plus de 60% de la production totale de verre en poids.
- la production de fibres de verre (en particulier laine de verre et fils de verre) (SNAP 030316) compte 9 sites en activité.
- la production de verre technique (SNAP 030317) qui regroupe en particulier, la lunetterie et l'optique, les ampoules, le verre pour télévision et radio, le verre de laboratoire, les isolateurs, compte 5 sites en activité.
- la production de fibre minérale (laine de roche) (SNAP 030318), uniquement 4 sites en activité.

Les sites de production de verre ne sont présents qu'en France métropolitaine.

Les sources de données relatives à la production qui ont été utilisées sont les suivantes :

- Verre plat (030314) : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011.
- Verre creux (030315) : de 1990 à 2013, les données proviennent de la Fédération des Industriels du Verre [457]. Le rapport d'activité de la Fédération des Industriels du Verre n'est plus disponible depuis 2014. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des

déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2013.

- Fibre de verre (030316) : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011.
- Verre technique (030317) : de 1990 à 2004, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Depuis 2005, le SESSI ne fournit plus de donnée sur cette activité. Comme des écarts importants sont observés entre les statistiques de la Fédération des Industriels du Verre [457] et les statistiques du SESSI, la production retenue correspond à l'évolution entre deux années des statistiques de la Fédération des Industriels du Verre appliquée à la dernière année disponible du SESSI. Le rapport d'activité de la Fédération des Industriels du Verre n'est plus disponible depuis 2014. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2013.
- Fibre minérale (030318) : depuis 2001, les données de production proviennent des déclarations individuelles des industriels [19]. Avant cette date, faute de données précises, il est fait l'hypothèse du maintien de la production de 2001 depuis la date de mise en activité de chaque site industriel.

La production de verre totale correspond à la somme de ces différentes productions.

Les différentes étapes intervenant dans la fabrication du verre sont les suivantes :

- Le calcin, nécessaire à la fusion, est une matière première qui est, soit produite par l'installation (réutilisation du surplus de production, récupération des pièces rejetées par le contrôle qualité, etc.), soit récupérée à l'extérieur (recyclage du verre).
- Les matières premières utilisées lors de la fabrication de verre sont : la silice sous forme de sable, l'oxyde de sodium sous forme de carbonate, les éléments alcalino-terreux sous forme de chaux ou de dolomie.
- La fusion de ces matières premières ainsi que du calcin s'effectue, soit dans un four de combustion, soit dans un four électrique à une température de 1550 °C.
- Le verre incandescent en fusion quitte le four pour passer dans l'avant bassin où il est amené à sa température de travail (500 °C).
- Il s'écoule ensuite par des goulottes jusqu'aux machines.

#### 4.1.1.4. Extraction de minéraux (NFR 2A5a)

##### *4.1.1.4 Quarrying and mining of minerals other than coal*

Cette section concerne les émissions engendrées par l'exploitation des carrières à l'exception des engins motorisés couverts par la section 1A2gvii relative aux sources mobiles.

Les industries extractives telles que les carrières sont génératrices de poussières. Toute opération de fragmentation et de réduction granulométrique entraîne une production d'éléments fins. Toutefois, de nombreuses solutions de dépoussiérage sont proposées pour réduire les émissions de poussières et plus particulièrement pour limiter les effets sur la santé du personnel.

Ces émissions sont émises en particulier durant les trois phases suivantes :

- Fragmentation : forage, abattage, concassage, broyage,
- Séparation : criblage, stockage,



- Transport : roulage, manutention, expédition.

Les systèmes de dépoussiérage dépendent du poste (aspiration, filtration, pulvérisation d'eau avec ou sans adjuvant, etc.).

#### 4.1.1.5. Construction et démolition (NFR 2A5b)

##### *4.1.1.5 Construction and demolition*

L'activité des chantiers de BTP correspond à la construction d'immeubles, de maisons, de routes, etc. Les émissions des engins motorisés sont exclues de cette section et sont couverts par la section relative à la combustion des sources mobiles.

#### 4.1.1.6. Stockage et manipulation de produits minéraux (NFR 2A5c)

##### *4.1.1.6 Storage, handling and transport of mineral products*

La liste des productions de produits minéraux prises en compte est la suivante :

- Production de ciment (il semble plus pertinent de retenir la production de ciment et non de clinker car des ajouts de matériaux sont faits entre ces deux produits). Les données de production de ciment proviennent de la fédération de l'industrie cimentière [218] ;
- Production de plâtre. Les données de production de plâtre proviennent de la fédération de l'industrie du plâtre [364] ;
- Production de tuiles et briques. Les données de production de tuiles et briques proviennent de la fédération des tuiles et briques [241] ;
- Production de céramique. Les données de production de céramique proviennent de la fédération des céramiques [251] ;
- Production de chaux (uniquement chaux hydraulique et aérienne/magnésienne, la production de chaux des sucreries n'est pas retenue). Les données de production de chaux de la fédération des chaux grasses et magnésiennes [190] ;

Production de verre (afin de ne pas double-compter les émissions, le calcin externe n'est pas pris en compte donc la production retenue correspond à la production de verre neuf telle que retenue pour le procédé du verre 2A3). Les données de production de verre et de calcin externe proviennent de la fédération du verre [457].

## 4.1.2 Méthodes d'estimation des émissions

### *4.1.2 Methods for estimating emissions*

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

#### 4.1.2.1. Production de ciment (NFR 2A1)

##### *4.1.2.1 Cement production*

##### ***Emissions de particules***

Concernant les émissions de particules dans le secteur de la production de ciment, le facteur d'émission de référence est celui du guide EMEP, chapitre 2A1 (partie 3.2.2) [1064]. Il est mentionné dans le Guidebook EMEP que les facteurs d'émission présentés dans la table 3.1 incluent les émissions additionnelles provenant de la manipulation des produits et des matières premières. Toutefois, la

source des facteurs d'émission de particules utilisée est le document BREF de la production de ciment et de chaux (table 1.23). Dans le document du BREF, la table 1.23 fournit des résultats d'émission pour des fours à ciment européens et il est également mentionné que les résultats correspondent à des mesures de poussières en continu et qu'ils dépendent de l'équipement de réduction mis en place. Il en est déduit que le facteur d'émission présenté dans le BREF se réfère uniquement aux fours et n'intègre donc pas les émissions complémentaires relatives à la manipulation des produits et matières premières.

Les émissions de particules relatives aux fours sont incluses dans la section 1A2f-cement.

Les émissions de particules relatives à la manipulation des produits minéraux sont prises en compte dans le chapitre 2A5-mineral product handling.

#### 4.1.2.2. Production de chaux (NFR 2A2)

##### 4.1.2.2 Lime production

##### *Emissions de particules*

Concernant les émissions de particules à prendre en compte dans le rapport IIR, le facteur d'émission de référence est celui du guide EMEP 2019, chapitre 2A2 (partie 3.2.2) [1068]. Il est mentionné dans le Guidebook EMEP que les facteurs d'émission présentés dans la table 3.1 incluent les émissions additionnelles provenant de la manipulation des produits et des matières premières. Toutefois, la source des facteurs d'émission de particules utilisée est le document BREF de la production de ciment et de chaux (table 1.23). Dans le BREF, la table 1.23 fournit des résultats d'émission pour des fours à ciment européens et il est également mentionné que les résultats correspondent à des mesures de poussières en continu et qu'ils dépendent de l'équipement de réduction mis en place. De fait, l'interprétation retenue dans l'inventaire français est que le facteur d'émission du BREF se réfère uniquement aux fours et n'intègre donc pas les émissions induites par la manipulation des produits et matières premières.

Les émissions de particules relatives aux fours sont incluses dans la section 1A2f-lime.

Les émissions de particules relatives à la manipulation des produits minéraux sont prises en compte dans le chapitre 2A5-mineral product handling.

#### 4.1.2.3. Production de verre (NFR 2A3)

##### 4.1.2.3 Glass production

##### *Emissions de particules*

Concernant les émissions de particules, le facteur d'émission de référence est celui du guide EMEP 2019, chapitre 2A3 (partie 3.2.2) [1069]. Il est mentionné dans le Guidebook EMEP que les facteurs d'émission présentés dans la table 3.1 incluent les émissions additionnelles provenant des activités qui ne sont pas liées au four. Toutefois, la source des facteurs d'émission de particules utilisée est le document BREF de la production de verre (table 3.1) -version 2008. Seule la dernière version de 2012 est actuellement disponible (la version de 2008 n'est pas disponible). Dans le document du BREF -version 2012, la table 3.14 fournit des résultats d'émission pour des fours à verre creux avec et sans système d'abattement des particules. Il en est déduit que le facteur d'émission présenté dans le BREF se réfère uniquement aux fours et n'intègre donc pas les émissions complémentaires relatives aux autres activités comme la manipulation des produits et matières premières.

Les émissions de particules relatives aux fours sont incluses dans la section 1A2f-glass.

Les émissions de particules relatives à la manipulation des produits minéraux sont prises en compte dans le chapitre 2A5 « mineral product handling ».

## 4.1.2.4. Extraction de minéraux (NFR 2A5a)

4.1.2.4 *Quarrying and mining of minerals other than coal***Emissions de particules**

La méthode utilisée pour estimer les émissions de particules est décrite dans le guide EMEP/EEA 2019 [1010]. Cette méthode nécessite de nombreuses données qui sont décrites dans les tableaux ci-dessous.

**Données de production et du parc des carrières**

Les données de production sont fournies par l'UNICEM [352] par type de roches et présentées dans le Tableau 82.

Tableau 82 : Données de production

Année	Production de granulats (Mg)		
	issus de l'extraction de roches massives	issus de l'extraction de roches meubles	issus du recyclage de matériau
	MAS	MEU	REC
1990	196 083 720	159 531 728	11 160 000
1991	196 083 720	159 531 728	11 160 000
1992	203 262 591	167 277 409	11 460 000
1993	189 411 948	155 908 052	10 680 000
1994	201 179 277	165 480 723	11 340 000
1995	201 922 345	163 812 655	13 265 000
1996	184 910 188	150 909 812	12 180 000
1997	189 879 758	154 625 242	12 495 000
1998	196 631 767	159 453 233	12 915 000
1999	208 650 754	166 532 378	14 816 867
2000	218 670 000	180 570 000	16 760 000
2001	221 600 000	175 150 000	18 250 000
2002	215 290 000	167 970 000	17 740 000
2003	217 400 000	165 470 000	17 130 000
2004	223 170 000	168 080 000	16 750 000
2005	222 780 000	168 640 000	19 580 000
2006	233 090 000	174 360 000	22 550 000
2007	242 950 000	180 450 000	22 600 000
2008	236 770 000	171 610 000	22 620 000
2009	209 440 000	146 290 000	20 270 000
2010	201 860 000	141 290 000	23 000 000
2011	205 220 000	152 390 000	25 000 000
2012	196 601 000	138 281 000	24 700 000
2013	204 800 000	135 800 000	26 400 000
2014	198 940 000	126 598 000	23 428 000
2015	184 423 000	117 875 000	25 266 000
2016	183 960 000	120 382 000	25 671 000
2017	186 109 000	124 072 000	25 671 000
2018	195 998 000	126 365 000	31 890 000
2019	198 951 000	126 717 000	33 298 000
2020	183 627 000	117 851 000	29 676 000
2021	197 525 000	130 398 000	20 737 000
2022	191 174 000	121 633 000	28 528 000

La distribution des carrières par capacité de production en nombre et en quantité produite a été déterminée à partir d'une enquête réalisée en 2012 par l'UNICEM et est présentée dans les Tableaux 83 et 84.

Tableau 84. Cette distribution est considérée constante dans le temps.

**Tableau 83 : Distribution des carrières par capacité de production  
(% de la production totale par type de roche)**

	MAS	MEU	REC
Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)	31%	16%	0%
Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)	58%	69%	20%
Petites carrières (Prod. < 100 Mt)	10%	16%	80%

**Tableau 84 : Distribution des carrières par capacité de production  
(% du nombre total de carrières par type de roche)**

	MAS	MEU	REC
Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)	5%	2%	0%
Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)	41%	39%	5%
Petites carrières (Prod. < 100 Mt)	54%	59%	95%

### **Données de transport**

Les distances de transport par carrière ont été estimées pour 2010 par type et taille de carrières. À partir de ces données, des distances par tonne produite ont été calculées. Ces distances sont considérées constantes dans le temps et présentées dans le Tableau 85. Les distances pour les carrières de roche meuble et de recyclage sont très faibles, voire nulles, car des systèmes de convoyeurs sont préférentiellement utilisés.

**Tableau 85 : Distances parcourues en camion par tonne produite (m/tonne)**

	MAS	MEU	REC
Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)	42,1	0	0
Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)	94,8	13,9	0
Petites carrières (Prod. < 100 Mt)	564,3	69,3	0

Le taux de route revêtue a été obtenu dans la même enquête et est présenté par catégorie de carrières dans le Tableau 86. Ces résultats sont considérés constants dans le temps.

**Tableau 86 : Taux de route revêtue par catégorie de carrières**

	MAS	MEU	REC
Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)	25%	0%	-
Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)	0%	0%	-
Petites carrières (Prod. < 100 Mt)	0%	0%	-

L'utilisation et l'efficacité de l'arrosage des routes sont présentées dans le Tableau 87 par catégorie de carrières pour l'année 2010. Une évolution linéaire est considérée pour le taux d'utilisation entre 1990 et 2010 avec une utilisation à 0% en 1990. Depuis 2010, les taux d'utilisation sont considérés constants.

Tableau 87 : Arrosage des routes non revêtues - Utilisation et efficacité

Arrosage des routes non revêtues		MAS	MEU	REC
Efficacité (%)		55%	70%	-
Utilisation (%)	Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)	95%	95%	-
	Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)	91%	91%	-
	Petites carrières (Prod. < 100 Mt)	50%	50%	-

Les poids des véhicules de transport de granulats sont présentés dans le Tableau 88 par catégorie de carrières. Ces valeurs sont considérées constantes dans le temps.

Tableau 88 : Poids moyen des véhicules de transport

		MAS	MEU	REC
Poids moyen des véhicules (t)	Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)	71	74	-
	Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)	51	45	-
	Petites carrières (Prod. < 100 Mt)	30	30	-

Les parts de fines en surface sur les routes revêtues et non revêtues sont présentées dans le Tableau 89.

Tableau 89 : Parts de fines en surface sur les routes

	MAS	MEU	REC
Part de fines - routes non revêtues (%)	2%	1%	2%
Part de fines - routes revêtues (g/m <sup>2</sup> )	5	5	5

### Données de traitement

Les flux pour les concasseurs et cribles primaires, secondaires et tertiaires ont été déterminés à partir d'une enquête réalisée en 2018 et sont considérés constants dans le temps. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 90 : Flux par équipement par type de roche

	MAS	MEU	REC
<b>Unité primaire</b>			
Concasseur primaire (% de la production totale)	90%	15%	100%
Crible primaire (% de la production totale)	100%	100%	100%
Point de transfert primaire (% de la production totale)	290%	215%	300%
<b>Unité secondaire</b>			
Concasseur secondaire (% de la production totale)	70%	60%	70%
Crible secondaire (% de la production totale)	90%	60%	100%
Point de transfert secondaire (% de la production totale)	160%	120%	170%
<b>Unité tertiaire</b>			
Concasseur tertiaire (% de la production totale)	50%	60%	0%
Crible tertiaire (% de la production totale)	90%	60%	0%
Point de transfert tertiaire (% de la production totale)	140%	120%	0%

Les nombres d'unités primaires, secondaires et tertiaires ont été déterminés dans la même enquête par catégorie de carrières.

Tableau 91 : Nombre d'unités primaires, secondaires et tertiaires par catégorie de carrières

	MAS	MEU	REC
<b>Grandes carrières (Prod. &gt; 500 Mt)</b>			
Unité primaire	100%	100%	100%
Unité secondaire	100%	100%	100%
Unité tertiaire	75%	100%	0%
<b>Carrières moyennes (100 Mt &lt; Prod. &lt; 500 Mt)</b>			
Unité primaire	100%	100%	100%
Unité secondaire	100%	100%	100%
Unité tertiaire	75%	100%	0%
<b>Petites carrières (Prod. &lt; 100 Mt)</b>			
Unité primaire	100%	100%	100%
Unité secondaire	50%	50%	0%
Unité tertiaire	0%	0%	0%

Le taux d'utilisation des technologies d'abattement a également été obtenu via une enquête réalisée en 2010. Une évolution linéaire a été considérée entre 1990 et 2010, avec les différents taux d'utilisation considérés nuls en 1990. Depuis 2010, les taux d'utilisation sont considérés constants. Le Tableau 92 et le Tableau 93 présentent respectivement les taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les concasseurs et les cribles.

Tableau 92 : Taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les concasseurs

	MAS	MEU	REC
<b>Grandes carrières (Prod. &gt; 500 Mt)</b>			
Bardage partiel (partial enclosure)	79%	79%	79%
Lavage sur site (water spray)	24%	24%	24%
Abatement total <sup>1</sup>	71%	71%	71%
<b>Carrières moyennes (100 Mt &lt; Prod. &lt; 500 Mt)</b>			
Bardage partiel (partial enclosure)	61%	61%	61%
Lavage sur site (water spray)	22%	22%	22%
Abatement total <sup>1</sup>	57%	57%	57%
<b>Petites carrières (Prod. &lt; 100 Mt)</b>			
Bardage partiel (partial enclosure)	0%	0%	0%
Lavage sur site (water spray)	0%	0%	0%
Abatement total <sup>1</sup>	0%	0%	0%

<sup>1</sup> Une efficacité de 85% est considérée pour le bardage partiel et une efficacité de 50% pour le lavage sur site.

**Tableau 93 : Taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les cribles**

	MAS	MEU	REC
<b>Grandes carrières (Prod. &gt; 500 Mt)</b>			
Étanchéité tamisage (covered screen)	39%	39%	39%
Criblage humide (wet screening)	0%	70%	0%
Abatement total <sup>1</sup>	20%	76%	20%
<b>Carrières moyennes (100 Mt &lt; Prod. &lt; 500 Mt)</b>			
Étanchéité tamisage (covered screen)	26%	26%	26%
Criblage humide (wet screening)	0%	70%	0%
Abatement total <sup>1</sup>	13%	74%	13%
<b>Petites carrières (Prod. &lt; 100 Mt)</b>			
Étanchéité tamisage (covered screen)	0%	0%	0%
Criblage humide (wet screening)	0%	0%	0%
Abatement total <sup>1</sup>	0%	0%	0%

<sup>1</sup> Une efficacité de 50% est considérée pour l'étanchéité tamisage et une efficacité de 100% pour le criblage humide.

**Données de manipulation des stocks**

L'hypothèse selon laquelle les agrégats sont manipulés deux fois avant de sortir de la carrière a été prise (lorsqu'ils sont amenés aux stocks et lorsqu'ils sont enlevés des stocks).

Les taux d'humidité des stocks considérés sont de 2% pour les carrières de roche massive (MAS) et les installations de recyclage (REC) et de 6% pour les carrières de roche meuble (MEU).

**Données liées à l'érosion des stocks**

Les données utilisées pour le calcul des émissions liées à l'érosion des stocks sont présentées dans le Tableau 94.

**Tableau 94 : Données de calcul des émissions liées à l'érosion des stocks**

Paramètre		Valeur
Angle de repos (°)		30°
Nombre de piles de stockage	Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)	4
	Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)	8
	Petites carrières (Prod. < 100 Mt)	26
Hauteur des piles de stockage (m)		10
Densité apparente		1,6

Le contenu en part de fines des piles de stockage est considéré identique à celui des routes non revêtues.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de TSP sont estimées pour les carrières de roches massives, pour les carrières de roches meubles et pour les produits issus du recyclage. Les facteurs d'émission utilisés ont été estimés par la mise en œuvre de la méthodologie décrite dans le guide EMEP/EEA 2019 [1010] appliquée à la France entière. Les facteurs d'émission tiennent compte de l'évolution des systèmes de dépoussiérage mis en place en supposant qu'aucun n'existait en 1990.

Ces facteurs d'émission correspondent à des valeurs moyennes et ne sont pas représentatifs des conditions locales. Dans le cadre du développement d'un inventaire à l'échelle locale, il est donc recommandé de mettre en œuvre la méthodologie proposée dans le guide EMEP/EEA [1010].

#### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $PM_{1,0}$**

Les émissions de  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  sont estimées avec la même approche que les TSP, au moyen de facteurs d'émission développés à l'aide de la méthodologie décrite dans le guide EMEP/EEA [1010].

Les émissions de  $PM_{1,0}$  ne sont pas estimées.

### **4.1.2.5. Construction et démolition (NFR 2A5b)**

#### **4.1.2.5 Construction and demolition**

En France, les superficies en chantier sont rapportées annuellement par l'enquête de l'AGRESTE [197] jusqu'en 2008. Les surfaces fournies concernent les routes et gros œuvres ainsi que les autres petits chantiers. Après cette date et jusqu'à 2022, la surface des bâtiments est délivrée par le SDES via la base de données sit@del2 [559]. A partir de l'année 2023, les données de surface sont récupérées depuis la nouvelle base de diffusion de données Dido [1277]. Un traitement approprié est effectué pour raccorder les deux séries en se basant sur les quelques années communes.

Selon la FNTP [282], deux catégories sont distinguées pour cette activité : d'une part, la construction de bâtiments et d'autre part, les chantiers de travaux publics. Au niveau national, la répartition de l'activité entre ces deux catégories est effectuée dans les proportions respectives 2/3 - 1/3.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de TSP pour l'activité « bâtiments » sont estimées à partir d'un facteur d'émission moyen de l'EPA [66], estimé à partir de la mesure de la concentration de particules autour d'un site de construction d'appartements et de centres commerciaux. Ce facteur d'émission correspond à un climat semi-aride. Il lui est appliqué un abattement de 50% pour tenir compte du climat tempéré de la France. Cet abattement est déterminé sur des données d'AEAT [103] et sur les précipitations annuelles moyennes en France et au Royaume-Uni. D'autre part, cette donnée de facteur d'émission fait intervenir le nombre de mois d'activité sur un chantier. Il est considéré que le nombre de mois d'activité est compris entre 1 et 6 mois, soit 3,5 mois d'activité en moyenne.

Pour les bâtiments, les facteurs d'émission sont calculés en multipliant le facteur d'émission de l'EPA par le facteur d'abattement (38%). Le facteur d'abattement a été calculé comme un ratio, basé sur les précipitations moyennes en France (760mm) et au Royaume-Uni (1000mm) [103].

En ce qui concerne les travaux publics, les émissions de TSP sont estimées à l'aide d'un facteur d'émission moyen provenant du CEPMEIP [49].

#### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $PM_{1,0}$**

Les émissions de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  et  $PM_{1,0}$  sont estimées à partir de facteurs d'émission moyens basés sur les données de diverses études [66, 68, 81]. Pour la distribution de la taille des  $PM_{10}$ , la part de 18,6% dans les TSP est retenue en moyennant les valeurs 22%, 20% et 13,7% issues de ces études. Pour les  $PM_{2,5}$  et  $PM_{1,0}$ , les valeurs retenues sont respectivement 6,2% et 2,2% [103].

La même granulométrie est retenue pour le bâtiment et les travaux publics.

Tranche granulométrique	% répartition des TSP
$PM_{10}$	18,6
$PM_{2,5}$	6,2
$PM_{1,0}$	2,2



#### 4.1.2.6. Stockage et manipulation de produits minéraux (NFR 2A5c)

##### 4.1.2.6 Storage, handling and transport of mineral products

Seules des émissions de particules sont générées par cette activité.

##### **Emissions de particules**

Le Guidebook EMEP 2019 [1070] précise en son chapitre 2A5c (stockage, manipulation et transport de produits minéraux) les sources d'émission de particules à retenir (méthode Tier 2) : le stockage des produits et la manipulation.

##### *Stockage de produits minéraux*

Pour le stockage des produits minéraux, le facteur d'émission de particules est exprimé par t/ha/an. Aucune information existe sur les types et surfaces de stockage. De plus, le Guidebook EMEP 2019 n'est pas suffisamment clair pour savoir si cette source est à quantifier séparément. Ainsi, compte tenu de ces incertitudes, les émissions du stockage des produits minéraux ne sont pas quantifiées.

##### *Manipulation de produits minéraux*

Pour la manipulation des produits minéraux, la table 3.4 du chapitre 2A5c du Guidebook EMEP 2019 [1070] fournit les facteurs d'émission des particules liées à la manipulation des produits minéraux. Les produits minéraux retenus sont ceux présentés précédemment. Toutefois, la donnée d'activité correspond à la quantité de matériaux manipulés (matières premières), c'est-à-dire à la quantité de matériaux produits faute de données sur les quantités de matières premières.

Les facteurs d'émission sont ceux présentés dans le Guidebook EMEP 2019 [1070 - tier 2]. Ils sont présentés dans le tableau suivant. Pour les  $PM_{1,0}$ , il est fait l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que celui des  $PM_{2,5}$ .

	<b>Facteur d'émission (g/t produits minéraux)</b>
<b>TSP</b>	12
<b><math>PM_{10}</math></b>	6
<b><math>PM_{2,5}</math></b>	0,6
<b><math>PM_{1,0}</math></b>	0,6

L'inclusion de la fraction condensable des poussières n'est pas précisée dans la littérature.

### 4.1.3 Incertitudes

#### 4.1.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 4.1.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 4.1.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

## 4.1.5 Recalculs

### 4.1.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications » et détaillés en annexe 5. Les recalculs par sous-secteurs sont présentés ci-dessous :

Tableau 95 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2A

<b>2A1 - Cement production</b>	
Données d'activité	Pas de recalcul
<b>2A2 - Lime production</b>	
Données d'activité	Pas de recalcul
<b>2A3 - Glass production</b>	
Données d'activité	Pas de recalcul
<b>2A5a - Quarrying and mining of minerals other than coal</b>	
Données d'activité	Mise à jour des activités de production pour 2020-2022, et mise à jour des données météorologiques pour toute la série temporelle.
<b>2A5b - Construction and demolition</b>	
Données d'activité	Les statistiques de surfaces construites ont été revues sur toute la période 2017 à 2022.
<b>2A5c - Storage, handling and transport of mineral products</b>	
PM <sub>1,0</sub>	Pas de recalcul
PM <sub>2,5</sub>	
PM <sub>10</sub>	
TSP	

## 4.1.6 Améliorations envisagées

### 4.1.6 Expected improvement

Pour le NFR 2A5a, un contact avec l'organisation des producteurs de granulats (UNPG) a été établi afin d'affiner les données liées au transport interne au sein des carrières. Une étude spécifique sur ce sujet sera menée en 2023 et 2024 et les paramètres, voire même l'équation du guide EMEP 2019, pourraient être révisés afin d'améliorer l'exactitude de l'estimation des émissions.

## 4.2 Chimie (NFR 2B)

### 4.2 Chemical products (NFR 2B)

### 4.2.1 Caractéristiques de la catégorie

#### 4.2.1 Main features

Seul le sous-secteur 2B10 (autres productions de l'industrie chimique) est source clé :

Tableau 96 : Polluants pour lesquels le secteur 2B10 est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
PM <sub>2,5</sub>	5	4,3%	-	-
PM <sub>10</sub>	6	3,9%	-	-
Hg	-	-	4	12,1%

#### 4.2.1.1. Production d'ammoniac (NFR 2B1)

##### 4.2.1.1 Ammonia production

La synthèse de l'ammoniac est réalisée par reformage à la vapeur à partir du gaz naturel (utilisé en tant que matière première).

Le carbone libéré entraîne la production de CO<sub>2</sub>, dont une partie est valorisée pour la synthèse d'urée ou la production de CO<sub>2</sub> liquéfié, et l'autre partie est rejetée directement à l'atmosphère. L'hydrogène, produit par reformage du méthane, est mis en réaction avec l'azote pour produire l'ammoniac, ce qui conduit à des rejets de NO<sub>x</sub>, COVNM, CO et de NH<sub>3</sub>.

Il y avait, en France, 7 sites de production en activité en 1990. Depuis 2009, il reste 4 sites en activité suite à la fermeture de 2 sites courant 2001 et un autre courant 2009.

#### 4.2.1.2. Production d'acide nitrique (NFR 2B2)

##### 4.2.1.2 Nitric acid production

L'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) est produit par oxydation catalytique (toile de platine) de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) en présence d'air. Deux types de procédés industriels sont utilisés : simple pression et double pression.

On distingue chimiquement trois étapes :

- Oxydation de l'ammoniac en oxyde nitreux (NO) :  $4 \text{ NH}_3 + 5 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ NO} + 6 \text{ H}_2\text{O}$
- Oxydation de celui-ci en oxyde nitrique (NO<sub>2</sub>) :  $2 \text{ NO} + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}_2$
- Absorption de celui-ci dans l'eau (HNO<sub>3</sub>) :  $4 \text{ NO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ HNO}_3$

La réaction complète est donc :  $\text{NH}_3 + 2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{ H}_2\text{O}$

De plus les réactions parasites occasionnent la formation de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) :

- Sur toute la durée du cycle :  $4 \text{ NH}_3 + 4 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ N}_2\text{O} + 3 \text{ H}_2\text{O}$
- En début/fin de cycle :  $2 \text{ NH}_3 + 8 \text{ NO} \rightarrow 5 \text{ N}_2\text{O} + 3 \text{ H}_2\text{O}$  ;  $4 \text{ NH}_3 + 4 \text{ NO} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ N}_2\text{O} + 6 \text{ H}_2\text{O}$

En conséquence, la production d'acide nitrique est une source de N<sub>2</sub>O, de NO<sub>x</sub> et de NH<sub>3</sub>.

#### 4.2.1.3. Production d'acide adipique (NFR 2B3)

##### 4.2.1.3 Adipic acid production

L'acide adipique se présente sous la forme d'une poudre blanche employée essentiellement pour la production de nylon. L'acide adipique est produit par oxydation d'un mélange de cyclohexanone / cyclohexanol sous l'action de l'acide nitrique. Cette oxydation engendre des émissions de N<sub>2</sub>O principalement et de NO<sub>x</sub> dans une moindre mesure. Il n'y a qu'un seul site de production d'acide adipique en France, l'usine Rhodia à Chalampé. Les effluents gazeux émis par les ateliers de Chalampé contiennent entre 40 et 65% de N<sub>2</sub>O. Le gaz de procédé est épuré thermiquement.

L'atelier de destruction des N<sub>2</sub>O, installé depuis 1998 sur le site, permet la synthèse d'acide nitrique par absorption des NO<sub>x</sub> formés. Cet atelier est équipé d'un traitement catalytique des NO<sub>x</sub> avant rejet à l'atmosphère. Les émissions liées à la synthèse de l'acide nitrique sont traitées dans la section 2B2\_nitric acid.

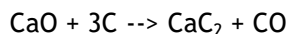
Il est à noter que le site émet également du CO<sub>2</sub> qui provient de l'oxydation d'une partie des matières premières.

#### 4.2.1.4. Production de carbure de calcium (NFR 2B5)

##### 4.2.1.4 Carbide production

###### Production

Le carbure de calcium est obtenu dans un four électrique à très haute température (2200°C) par réduction de la chaux par du carbone (sous forme de coke) selon la réaction suivante :



Les gaz produits étant réutilisés comme combustibles, le CO contenu dans les gaz est oxydé en CO<sub>2</sub>.

La production de carbure de calcium est responsable d'émissions de CO<sub>2</sub>, COVNM et TSP.

#### 4.2.1.5. Production d'oxyde de titane (NFR 2B6)

##### 4.2.1.5 Titanium dioxide production

En France, le TiO<sub>2</sub> est produit selon le procédé sulfurique. Ce procédé nécessite une attaque du minerai à l'acide sulfurique, le produit de la réaction étant ensuite calciné. Ce procédé entraîne des émissions importantes de SO<sub>2</sub> ainsi que des émissions de TSP. Entre 1967 et 2009, 3 sites de production existaient en France. En 2017 seul un site continue de produire, un premier ayant arrêté sa production en 2009 et le second en 2016.

La production de tétrachlorure de titane (TiCl<sub>4</sub>) est fortement liée à celle du TiO<sub>2</sub>. Le procédé de production utilisé en France est le procédé par carbo-chloration ( $2\text{TiO}_2 + 4\text{Cl}_2 + 3\text{C} \rightarrow 2\text{TiCl}_4 + 2\text{CO} + \text{CO}_2$ ). L'apport de carbone est réalisé au moyen de coke de pétrole. La réaction occasionne des émissions de CO<sub>2</sub> et de CO. Il n'existe qu'un seul site de production de TiCl<sub>4</sub> en France.

#### 4.2.1.6. Production de carbonate de sodium (NFR 2B7)

##### 4.2.1.6 Soda ash production

Il existe deux procédés de fabrication du carbonate de sodium : l'un est naturel et l'autre, dit synthétique, est basé sur la réaction du chlorure de sodium avec l'hydrogénocarbonate d'ammonium. En France, seule la voie de fabrication dite synthétique est utilisée.

Les étapes du procédé de fabrication dit synthétique sont les suivantes :

- Production d'hydrogénocarbonate d'ammonium à partir de chaux :  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  ;  $\text{CaO} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  et  $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{CO}_3\text{H}$
- Production de bicarbonate de sodium par réaction du chlorure de sodium, avec l'hydrogénocarbonate d'ammonium :  $\text{NaCl} + \text{NH}_4\text{CO}_3\text{H} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaCO}_3\text{H}$
- Torrification du bicarbonate de sodium en carbonate de sodium :  $2\text{NaCO}_3\text{H} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Transformation des sous-produits (chlorure d'ammonium et gaz carbonique) en hydrogénocarbonate d'ammonium.

#### 4.2.1.7. Autres productions de l'industrie chimique (NFR 2B10a)

##### 4.2.1.7 Other chemical industry

###### *Chimie inorganique*

- Production d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) : le procédé de fabrication d'acide sulfurique comporte trois étapes (production de SO<sub>2</sub>, oxydation du SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub>, puis absorption du SO<sub>3</sub> gazeux) et est générateur d'émissions de SO<sub>2</sub> et SO<sub>3</sub> (ensemble nommé SO<sub>x</sub>), rapportées en SO<sub>2</sub>.
- Production d'engrais :

- Le sulfate d'ammonium est produit selon trois procédés principaux (sous-produit de la production de caprolactam, production dite synthétique et sous-produit des fours à coke). La production synthétique consiste à combiner de l'ammoniac anhydre avec de l'acide sulfurique. Ce type de production a disparu en 1981, le sulfate d'ammonium étant produit en très grandes quantités comme sous-produit du caprolactam et des fours à coke. Le procédé de production de sulfate d'ammonium est générateur d'émissions de NH<sub>3</sub> et de TSP.
- Le nitrate d'ammonium est produit par neutralisation d'acide nitrique avec de l'ammoniac. Ce procédé de production de sulfate d'ammonium est responsable d'émissions de NH<sub>3</sub> et de TSP.
- Les engrais composés (NP et NPK) sont produits par simple mélange d'engrais azotés, phosphatés et phosphorés ou bien par combinaison chimique (ce qui est de plus en plus fréquent). Après ces différentes opérations, les engrais NPK se trouvent presque toujours sous forme de granulés. La production d'engrais NPK génère des émissions de NH<sub>3</sub>, TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>.
- La production de l'urée nécessite une suite de processus chimiques et mécaniques. Elle met en œuvre de l'ammoniac et du dioxyde de carbone. Ce procédé de production d'urée est responsable d'émissions de NH<sub>3</sub> et de TSP.
- Les engrais phosphatés sont composés de trois groupes de produits chimiques : les superphosphates simples, les superphosphates triples et le phosphate d'ammonium. Les superphosphates simples sont produits par réaction de roches contenant des phosphates avec de l'acide sulfurique. Les triples superphosphates sont produits par réaction de roches contenant des phosphates avec de l'acide phosphorique. Le phosphate d'ammonium est produit par réaction d'acide phosphorique avec de l'ammoniac anhydre. La production d'engrais phosphatés génère des émissions de TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> et cadmium.
- Production de chlore : la production de chlore se fait par électrolyse d'une solution saline (réaction entre du chlorure de sodium et de l'eau :  $2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2 \text{NaOH}$ ). Les principales techniques utilisées sont : l'électrolyse à mercure, l'électrolyse à diaphragme et l'électrolyse à membrane. Le procédé d'électrolyse à mercure est émetteur de mercure.
- Production d'hydrogène (H<sub>2</sub>) : ce composé est produit par vaporeformage du gaz naturel. Ce dernier est donc utilisé en tant que matière première. Il résulte de ce procédé des émissions de CO<sub>2</sub>.
- Production de tétrafluorure d'uranium (UF<sub>4</sub>) : il s'agit de la première étape dans la préparation du combustible nucléaire (conversion de l'uranium brut en UF<sub>4</sub>) avant sa transformation en hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>) puis son enrichissement). L'utilisation d'ammoniac et d'acide nitrique dans les phases de purification occasionne des émissions de NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, TSP et N<sub>2</sub>O. Il n'existe qu'un seul site de production d'UF<sub>4</sub> en France.
- Production de sulfure de carbone (CS<sub>2</sub>) : ce composé est produit à partir de méthane et d'octasoufre ( $\text{CH}_4 + 1/2 \text{S}_8 \rightarrow \text{CS}_2 + 2 \text{H}_2\text{S}$ ). Le procédé est à l'origine d'émissions de SO<sub>2</sub>. Il n'existe qu'un seul site en France produisant ce composé.
- Production de N<sub>2</sub>O médical et industriel : il n'existe qu'un seul site en France produisant du N<sub>2</sub>O médical et industriel. Au cours de la fabrication du N<sub>2</sub>O, celui-ci est rejeté dans l'atmosphère à un certain nombre d'étapes du procédé (purges des cuves de stockage et du process, etc.).
- Diverses productions : deux activités sont considérées ici : la production de pigments et colorants à l'origine d'émissions de SO<sub>2</sub> et la chimie du soufre depuis 2000 en lien avec l'extraction du gaz naturel à l'origine d'émissions de SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>. Avant 2000, cette seconde activité est prise en compte par le site d'extraction du gaz naturel à Lacq.
- Production de noir de carbone. Le Noir de carbone est produit par cracking catalytique par combustion ménagée d'hydrocarbures aromatiques :  $\text{C}_x\text{H}_y + \text{O}_2 + \text{N}_2 \rightarrow \text{C} + \text{CO} + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$ . Ce procédé s'effectue en six étapes :
  - Pyrolyse de l'huile : L'huile (définie comme matière première primaire) est injectée dans le réacteur dans une zone à haute température de densité d'énergie élevée qui

est obtenue en brûlant du gaz naturel (défini comme matière première secondaire) dans de l'air. Cet air est en excès par rapport à la quantité de gaz naturel mais en défaut pour la matière première primaire. Il en résulte une combustion incomplète de l'huile qui est par conséquent pyrolysée et forme le noir de carbone entre 1 200°C et 1 900°C. Le gaz naturel, quant à lui, est brûlé complètement. Il est à noter cependant que toute l'huile ne se transforme pas en noir de carbone : le rendement de la réaction est d'environ 50 %.

- Trempe : Le mélange réactionnel est ensuite trempé dans de l'eau. Des gaz résiduels sont formés à partir du carbone de l'huile qui ne s'est pas transformé en noir de carbone et de la combustion complète du gaz naturel.
- Filtration : Le noir de carbone solide est séparé des gaz résiduels.
- Broyage : Le noir de carbone obtenu par la réaction est broyé et mis sous forme de granulés.
- Séchage : Le noir de carbone est ensuite séché. Il est à noter que l'énergie nécessaire au séchage de ce produit provient de la combustion d'une partie des gaz résiduels. C'est lors de cette étape qu'est émise une partie du CO<sub>2</sub> formé lors de la combustion du gaz naturel. Après séchage le noir de carbone est prêt à être commercialisé.
- Elimination des gaz résiduels : Les gaz résiduels qui ne servent pas à sécher le noir de carbone sont soit torchés soit valorisés énergétiquement au sein d'une chaudière. C'est lors de cette étape qu'est émis le CO<sub>2</sub> restant. Pour information le CO<sub>2</sub> issu de la valorisation des gaz résiduels sous chaudière est comptabilisé dans le secteur de la combustion industrielle (CRF 1A2).

Les principaux produits du procédé en dehors des émissions de la combustion sont le CO et les COVNM. D'autres polluants sont émis en plus faible quantité : CH<sub>4</sub> et particules.

Depuis 2010, la production de noir de carbone n'est plus assurée en France que par un site (fermeture d'un site en septembre 2009 et d'un autre en 2016). C'est pourquoi, en raison du secret statistique, les activités et facteurs d'émission liés à cette production sont confidentiels.

### **Chimie organique**

#### Production d'éthylène et de propylène

Le vapocraquage est un procédé pétrochimique qui consiste à obtenir, à partir d'une coupe pétrolière telle que le naphta ou des alcanes légers (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>) les produits suivants :

- des alcènes (aussi appelés oléfines) : C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> ; ex : éthylène (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), propylène (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), butène,
- des hydrocarbures aromatiques (cycliques insaturés) : benzène, toluène, xylène.

Les coupes pétrolières sont introduites en présence de vapeur d'eau (de l'ordre de 30 à 100 % en poids) dans le vapocraqueur. Ce mélange est porté brutalement à 800°C pendant une fraction de seconde puis est très rapidement refroidi. Dans ces conditions, les molécules se scindent en plusieurs morceaux et donnent naissance à divers produits. Il en résulte une production dont la composition est d'environ 36% éthylène, 13% propylène, 8% butylène et 7% aromatiques. Ces produits sont séparés par distillation. On compte 6 vapocraqueurs en France depuis la fermeture d'une unité en 2015.

Certains vapocraqueurs nécessitent un apport d'énergie supplémentaires se traduisant par une consommation de gaz naturel (301) ou d'autres combustibles liquides (225), ces consommations et émissions associées sont considérées en 1A2c\_other\_furnaces

En plus des produits cités ci-dessus, des déchets gazeux à valeur énergétique intéressante sont réutilisés dans les fours de vapocraquage comme combustibles. Les émissions liées à la combustion de ces gaz sont prises en compte dans cette section conformément aux lignes directrices 2006 du GIEC [771].

### Production d'acide glyoxylique

Jusqu'en 2001, 2 sites produisaient de l'acide glyoxylique et du glyoxal (base acétaldéhyde) en France. Depuis la fermeture en 2001 du site Clariant de Lillebonne, seul le site Weylchem (ex Clariant) de Cuise-Lamotte produit de l'acide glyoxylique et du glyoxal (base acétaldéhyde et depuis 2016 en base Mono Ethylène Glycol (MEG)), émetteur de N<sub>2</sub>O, de COVNM et de NO<sub>x</sub>.

Le glyoxal est principalement produit par oxydation de l'acétaldéhyde sous l'action de l'acide nitrique. Depuis 2016, un nouvel atelier de production de glyoxal à partir de Mono Ethylène Glycol permet d'éviter les émissions de N<sub>2</sub>O. L'acide glyoxylique est produit par oxydation du glyoxal par l'acide nitrique. Le glyoxal et l'acide glyoxylique sont vendus en phase aqueuse, le premier est un produit employé par les industries textile, papetière et pharmaceutique notamment, le second est un intermédiaire de synthèse employé notamment par les industries pharmaceutiques ainsi que l'industrie des arômes et des parfums.

L'oxydation dans ces synthèses est à l'origine de N<sub>2</sub>O, de COVNM et de NO<sub>x</sub>. Un système de traitement catalytique des émissions de N<sub>2</sub>O a été introduit à partir de 1998 sur les unités de glyoxal de Cuise-Lamotte et en 2002 sur les unités d'acide glyoxylique.

### Autres productions de la chimie organique

Cette section se rapporte aux procédés de l'industrie chimique organique ne faisant pas l'objet d'une section spécifique :

- a) Production de monochlorure de vinyle (SNAP 040504),
- b) Production de polyéthylène haute et basse densité (SNAP 040506 et 040507),
- c) Production de PVC (SNAP 040508),
- d) Production de polypropylène (SNAP 040509),
- e) Production de styrène (SNAP 040510),
- f) Production de polystyrène (SNAP 040511),
- g) Production de résines ABS (SNAP 040515),
- h) Production d'anhydride phtalique (SNAP 040519),
- i) Diverses productions organiques (PTTB, NMSBA, éthanol, etc.) (SNAP 040527).

## 4.2.2 Méthodes d'estimation des émissions

### *4.2.2 Methods for estimating emissions*

#### 4.2.2.1 Production d'ammoniac (NFR 2B1)

##### *4.2.2.1 Ammonia production*

La production d'ammoniac totale provient de statistiques nationales pour les périodes 1960-1978 [272] et 1986-2006 [53], [118]. En l'absence d'information, une interpolation linéaire est mise en œuvre pour la période 1979-1985. Des productions par site ont été obtenues par communications des exploitants pour les années 1990, 1995, 1999 et suivantes [50]. Depuis 2007, la production d'ammoniac est obtenue exclusivement à partir des déclarations annuelles de rejets [19].

Les consommations de gaz naturel des vaporeformeurs et les émissions associées proviennent des déclarations à partir de 2004 [19]. Avant cette période, les consommations et émissions de la production d'ammoniac sont estimées à partir des données déclarées pour l'année 2004 et des productions fournies par site.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir d'un facteur d'émission par défaut issu du Guidebook EMEP/EEA [1076] pour la production d'ammoniac par vaporeformage.

**Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont déterminées à partir d'un facteur d'émission par défaut issu du Guidebook EMEP/EEA [1076] pour la production d'ammoniac par vaporeformage.

**Emissions de CO**

Les émissions de CO sont déterminées à partir d'un facteur d'émission par défaut issu du Guidebook EMEP/EEA [945] pour la production d'ammoniac par vaporeformage.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont estimées au moyen de facteur d'émission déterminé chaque année à partir des émissions déclarées par une partie des sites producteurs depuis 2003 [19]. Pour les années antérieures à 2003, le facteur d'émission global déterminé à partir des émissions déclarées en 2003 est appliqué à la production nationale.

**4.2.2.2. Production d'acide nitrique (NFR 2B2)****4.2.2.2 Nitric acid production**

De 1990 à 2001, la production d'acide nitrique est obtenue à l'aide de statistiques nationales [143] et par communication d'un groupe [733] puis des données déclarées par les exploitants [19] depuis 2002. Les productions avant 1990 proviennent d'un annuaire statistique [272].

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont estimées à l'aide d'un facteur d'émission déterminé de la façon suivante :

- Une étude du Citepa [144] permet de connaître les facteurs d'émission moyens pour les années 1960 et 1970, les années intermédiaires de 1960 à 1989 sont interpolées ;
- Un bilan des émissions par site a été réalisé pour les années 1990, 1994, 1995 et chaque année depuis 2002 chaque année, à partir des déclarations des rejets des industriels [19]. Ce bilan par site permet de déduire un facteur d'émission moyen pour les années correspondantes ;
- Le facteur d'émission des années intermédiaires est interpolé.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont calculées au moyen d'un facteur d'émission par défaut issu de la littérature [145].

**4.2.2.3. Production d'acide adipique (NFR 2B3)****4.2.2.3 Adipic acid production**

Les émissions, facteurs d'émission et la production (confidentielle) étaient communiquées directement par le site [147] jusqu'en 2009. A partir de 2010, les données de production (confidentielle) et d'émission sont désormais récupérées dans les déclarations annuelles de rejets [19].

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont extraites des déclarations annuelles des rejets [19].

Une forte baisse du facteur d'émission des NO<sub>x</sub> est constatée depuis la mise en place d'un procédé de récupération des vapeurs nitreuses et de leur transformation en acide nitrique.



**Emissions de COVNM**

La production d'acide adipique est émettrice de COVNM provenant de la production du mélange cyclohexanone / cyclohexanol et de l'oxydation d'une partie des matières premières. Entre 1988 et 2007 les émissions de COVNM sont déterminées à l'aide d'un facteur d'émission déterminé à partir d'une mesure de COVNM réalisée en 2007 [19] et de la production nationale (confidentielle, car un seul site producteur). Entre 2007 et 2017, un facteur d'émission diminuant graduellement est calculé à partir des mesures réalisées en 2007 et 2017, car ce sont les années où une campagne de mesure des fugitifs, visant à diminuer ces émissions, a été réalisée progressivement. A noter que ces émissions restent, en valeur absolue, très faibles.

**Emissions de CO**

Les émissions de CO sont issues de l'atelier de production du mélange de cyclohexanone / cyclohexanol, en amont de l'atelier de production d'acide adipique. Les émissions sont issues des déclarations annuelles [19].

**4.2.2.4. Production de carbure de calcium (NFR 2B5)****4.2.2.4 Carbide production**

La production de carbure de calcium était assurée en France par un seul site ayant cessé son activité en 2003.

Les données de production proviennent de statistiques nationales pour les années 2001 et 2002 et sont interpolées pour les années antérieures.

**Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM liées à la production de carbure de calcium sont estimées à l'aide de facteurs d'émission déterminés à partir des émissions déclarées [19] pour les années 1996, 1997, 1998, 2000 et 2001. Pour les autres années, le facteur d'émission utilisé correspond à la moyenne des facteurs d'émission calculés pour les années où les émissions sont connues.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de TSP liées à la production de carbure de calcium sont estimées à l'aide de facteurs d'émission déterminés à partir des émissions déclarées [19] pour les années 1995, 1996, 1997, 1998, 2000 et 2001. Pour les autres années, le facteur d'émission utilisé correspond à la moyenne des facteurs d'émission calculés pour les années où les émissions sont connues.

**4.2.2.5. Production de Dioxyde de titane (NFR 2B6)****4.2.2.5 Titanium dioxide production****Production de TiO<sub>2</sub>**

A partir de 1990, les productions annuelles de dioxyde de titane sont obtenues à partir des déclarations annuelles des émissions pour les sites considérés [19].

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Depuis 1990, les émissions de SO<sub>2</sub> proviennent des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués. Pour les années antérieures, les émissions de SO<sub>2</sub> sont estimées à partir d'un facteur d'émission interpolé.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de TSP proviennent de communications [50] ou des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués.

**Emissions de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{1,0}$** 

Les émissions de  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  sont estimées au moyen de facteurs d'émission par défaut provenant de la littérature [183].

**Production de  $TiCl_4$** 

Les données de production utilisées proviennent selon les années de communications [50] ou des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués. Il est à noter que, selon les règles du secret statistique, le niveau de production de ces activités est confidentiel.

**Emissions de CO**

A partir de 2006, les émissions de CO proviennent des déclarations du site de production [19]. Pour les années antérieures, les émissions sont estimées à l'aide du facteur d'émission déduit pour l'année 2006.

**Emissions de  $NO_x$** 

Les émissions de  $NO_x$  associées à la production de  $TiCl_4$  sont estimées à partir d'un facteur d'émission fourni dans le guide EMEP/EEA 2016 [971].

**4.2.2.6. Production de carbonate de calcium (NFR 2B7)****4.2.2.6 Soda ash production**

Il n'existe que deux sites de production de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium en France. C'est pourquoi, en raison du secret statistique, les activités et facteurs d'émission liés à cette production sont confidentiels.

Les données de production de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium proviennent de publications de la profession [243] pour les années antérieures à 1999 puis des déclarations des industriels à partir de cette date [19]. Pour les années manquantes, les niveaux de production sont interpolés.

**Emissions de CO**

Les émissions de CO liées à la production de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium sont déterminées à partir des déclarations des sites de production à partir de 2001 [19]. Pour les années antérieures, les émissions de CO sont estimées à l'aide de la moyenne des facteurs d'émission calculés pour les années 2001 à 2003.

**Emissions de  $NH_3$** 

Les émissions de  $NH_3$  liées à la production de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium sont déterminées à partir des déclarations des sites de production à partir de 2001 [19]. Pour les années antérieures, les émissions de  $NH_3$  sont estimées à l'aide de la moyenne des facteurs d'émission calculés pour les années 2001 à 2003.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de TSP liées à la production de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium sont déterminées à partir des déclarations des sites de production à partir de 2001 [19]. Pour les années antérieures, les émissions de TSP sont estimées à l'aide de la moyenne des facteurs d'émission calculés pour les années 2001 à 2003.

#### 4.2.2.7. Autres productions de l'industrie chimique (NFR 2B10a)

##### 4.2.2.7 Other chemical industry

#### *Chimie inorganique*

##### Acide sulfurique

Jusqu'en 2008, les productions annuelles d'acide sulfurique sont disponibles dans les statistiques nationales [53], [118]. Depuis 2009, les données de production déclarées par les exploitants sont utilisées [19].

##### Production d'engrais

Les productions nationales d'engrais sont connues à partir des données de l'UNIFA (union des industries de la fertilisation) [143] ou des statistiques nationales [53] [942] [943]. Pour la production d'urée, les données de production déclarées par les exploitants [19] sont utilisées depuis 2012.

##### Production de chlore

En France la production totale de chlore gazeux est connue mais on ne dispose pas de la production spécifique à électrolyse à mercure. La production spécifique relative à l'électrolyse à mercure est estimée à partir d'indications sur les capacités annuelles de production de chlore et d'un facteur d'émission communiqués par la profession [50]. A partir de 2004, les productions déclarées annuellement par les sites sont prises en compte [19].

##### Production de H<sub>2</sub>

Jusqu'en 2006, le niveau de production d'hydrogène était disponible dans les statistiques nationales [53]. A partir de 2007, les données de production utilisées proviennent des déclarations des sites de production [19].

Par ailleurs, les consommations de gaz naturel (à usage non énergétique) sont, à partir de 2007, calculées à l'aide des émissions déclarées par les exploitants et d'un facteur d'émission national. Pour les années antérieures, les consommations de gaz naturel sont calculées à partir du niveau de production et d'un facteur d'émission national.

##### Production d'UF<sub>4</sub>

Depuis 1990, les données de production utilisées proviennent selon les années de communications [50] ou des déclarations du site de production [19]. Pour les années antérieures, un report du niveau de production de 1990 est effectué. Il est à noter que, selon les règles du secret statistique, le niveau de production de cette activité est confidentiel.

##### Production de CS<sub>2</sub>

Les données de production utilisées proviennent des déclarations du site de production à partir de 2003 [19]. Pour les années antérieures, des interpolations sont effectués. Il est à noter que, selon les règles du secret statistique, le niveau de production de cette activité est confidentiel.

##### Production de N<sub>2</sub>O et diverses productions

Les données de production utilisées proviennent selon les années de communications [50] ou des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués. Il est à noter que, selon les règles du secret statistique, le niveau de production de ces activités est confidentiel.

##### Production de noir de carbone

Les données de production de noir de carbone sont estimées à partir de statistiques nationales [53] jusqu'en 2002 puis à partir des déclarations des sites de production [19].

**Emissions de SO<sub>2</sub>**Production d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Depuis 1990, les émissions de SO<sub>2</sub> proviennent des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués. Pour les années antérieures, les émissions de SO<sub>2</sub> sont estimées à partir d'un facteur d'émission interpolé.

Production de CS<sub>2</sub>

A partir de 2003, les émissions de SO<sub>2</sub> proviennent des déclarations du site de production [19]. Pour les années antérieures, les émissions de SO<sub>2</sub> sont estimées à l'aide d'un facteur d'émission calculé sur la période 2003-2006.

Diverses productions

Depuis 1990, les émissions de SO<sub>2</sub> proviennent des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués. Pour les années antérieures, un report des émissions de 1990 est réalisé.

Production de noir de carbone

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées à partir des déclarations des sites de production à partir de 2001 [19]. Pour les années antérieures, les mêmes facteurs d'émission sont conservés.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**Production d'UF<sub>4</sub>

A partir de 2003, les émissions de NO<sub>x</sub> proviennent des déclarations du site de production [19]. Pour les années antérieures, les émissions sont estimées à l'aide du facteur d'émission déduit pour l'année 2003.

Diverses productions

Depuis 1990, les émissions de NO<sub>x</sub> proviennent des déclarations des sites de production [19]. Pour les années sans information, des reports ou des interpolations sont effectués. Pour les années antérieures, un report des émissions de 1990 est réalisé.

Production de noir de carbone

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées à partir des déclarations des sites de production à partir de 2001 [19]. Pour les années antérieures, les mêmes facteurs d'émission sont conservés.

**Emissions de COVNM**Production d'UF<sub>4</sub>

A partir de 2004, les émissions de COVNM proviennent des déclarations du site de production [19]. Pour les années antérieures, les émissions sont estimées à l'aide du facteur d'émission déduit pour l'année 2004.

Production de noir de carbone

Les émissions de COVNM sont déterminées à partir du facteur d'émission indiqué dans le Guidebook EMEP/EEA 2016 [946] et de la production nationale.

**Emissions de CO**Production de noir de carbone

Les émissions de CO sont déterminées à partir du facteur d'émission indiqué dans le Guidebook EMEP/EEA 2016 [946] et de la production nationale.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**Production d'engrais

Pour la production de sulfate d'ammonium, les émissions de NH<sub>3</sub> sont estimées à l'aide d'un facteur d'émission par défaut provenant de la littérature [87].

Pour la production de nitrate d'ammonium, d'engrais NKP et d'urée, les émissions de NH<sub>3</sub> proviennent des déclarations des sites de production [19], à partir de 2003. Pour les années précédentes, les émissions sont estimées à partir de facteurs d'émissions interpolés ou reportés.

Production d'UF<sub>4</sub>

A partir de 2003, les émissions de NH<sub>3</sub> proviennent des déclarations du site de production [19]. Pour les années antérieures, les émissions sont estimées à l'aide du facteur d'émission déduit pour l'année 2003.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**Production d'engrais

Pour la production de sulfate d'ammonium, d'urée et d'engrais phosphatés, les émissions de TSP sont estimées à l'aide d'un facteur d'émission par défaut provenant du guide EMEP 2016 [948] ou de la littérature [82].

Pour la production de nitrate d'ammonium et d'engrais NKP, les émissions de TSP proviennent des déclarations des sites de production [19], à partir de 2003. Pour les années précédentes, les émissions sont estimées à partir de facteurs d'émission déduits pour l'année 2003.

Production de UF<sub>4</sub>

A partir de 2004, les émissions de TSP proviennent des déclarations du site de production [19]. Pour les années antérieures, les émissions sont estimées à l'aide du facteur d'émission déduit pour l'année 2004.

Production de CS<sub>2</sub>

Les émissions de TSP sont estimées à partir de la production de CS<sub>2</sub> et du FE issu du guide EMEP 2023 [1055].

Production de H<sub>2</sub>

Les émissions de TSP sont estimées à partir de la production de H<sub>2</sub> et du FE issu du guide EMEP 2023 [1055].

Production de N<sub>2</sub>O

Les émissions de TSP sont estimées à partir de la production de N<sub>2</sub>O et du FE issu du guide EMEP 2023 [1055].

Diverses productions

Les émissions de TSP sont estimées à partir de la production (de DiMéthylSulfOxyde ou de Sulfate Acide de Nitrosyle ou de briques de matières premières) et du FE issu du guide EMEP 2023 [1055].

Production de noir de carbone

Les émissions de TSP sont déterminées à partir du facteur d'émission indiqué dans le Guidebook EMEP/EEA 2016 [946] et de la production nationale.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**Production d'engrais

Pour la production d'engrais NKP et d'engrais phosphatés, les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sont estimées au moyen de facteurs d'émission par défaut provenant du guide EMEP 2016 [948] ou de la littérature [49].

#### Production de noir de carbone

Les émissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>1.0</sub> sont estimées au moyen des % de répartition issus du Guidebook EMEP/EEA [946].

#### Production de CS<sub>2</sub>

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sont estimées à partir des émissions de TSP et d'une répartition par défaut entre TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>, issue du guide EMEP 2023 [1055].

#### Production de H<sub>2</sub>

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sont estimées à partir des émissions de TSP et d'une répartition par défaut entre TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>, issue du guide EMEP 2023 [1055].

#### Production de N<sub>2</sub>O

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sont estimées à partir des émissions de TSP et d'une répartition par défaut entre TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>, issue du guide EMEP 2023 [1055].

#### Diverses productions

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sont estimées à partir des émissions de TSP et d'une répartition par défaut entre TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>, issue du guide EMEP 2023 [1055].

### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

#### Production de noir de carbone

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2.5</sub>. Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA [946].

### **Emissions de métaux lourds (ML)**

#### Production d'engrais

Les émissions de cadmium liées à la production d'engrais phosphatés sont estimées à l'aide d'un facteur d'émission provenant d'une étude du Citepa réalisée en 1996 [70].

#### Production de chlore

Les émissions de mercure liées à la production de chlore sont estimées à partir des déclarations annuelles des exploitants [19] depuis 2004. Avant 2004, elles sont issues de données communiquées directement par la profession [50].

### **Chimie organique**

#### Production d'éthylène et de propylène

Combustion dans les fours de vapocraquage : Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, bilans, etc.) [19] permettent une estimation fine des émissions de la combustion quelques substances, notamment celles concourant à l'acidification et au changement climatique. Les combustibles gazeux considérés correspondent aux déchets industriels gazeux, gaz de pétrochimie et autres combustibles gazeux (respectivement NAPFUE 307, 308 et 314).

Les émissions des substances liées à la combustion sont estimées.

Procédés : Le niveau de production nationale de l'éthylène et du propylène est issu des communications des exploitants auprès du Citepa entre 1990 et 2005 [50] et des déclarations annuelles [19] après 2005.

Les procédés de vapocraquage génèrent des émissions de CO<sub>2</sub> (très faibles), de CH<sub>4</sub> et de COVNM.

#### Production d'acide glyoxylique

Les productions (confidentielles) et les émissions sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19] et de données du site [150] validées dans le cadre d'un engagement de progrès.

#### Autres productions de la chimie organique

##### a/ Production de monochlorure de vinyle (MVC)

Il reste trois sites de production en France. Le niveau d'activité est connu pour les années 1990, 1994 et 1995 à partir d'un recensement auprès des sites. Pour les années 2004 et suivantes, la production provient d'une compilation des données disponibles dans les déclarations annuelles des rejets [19]. Avant 2004, pour les années où la production n'est pas disponible, l'activité est estimée par interpolation des années connues et/ou à partir de la production de PVC qui est connue [53].

##### b/ Production de polyéthylène (basse et haute densité)

Les activités proviennent pour certaines années des statistiques fournies par l'UIC [118] et pour d'autres, des statistiques du SPMP [115] ainsi que des déclarations annuelles des rejets [19]. À la suite d'une enquête auprès de tous les sites réalisant la déclaration annuelle des rejets, les productions de PE haute et basse densité ont été modifiées.

##### c/ Production de polychlorure de vinyle (PVC)

Les activités proviennent pour certaines années des statistiques fournies par l'UIC [118] et pour d'autres, des statistiques du SESSI et du SPMP [53, 115] ainsi que des déclarations annuelles des rejets [19].

##### d/ Production de polypropylène

Les activités proviennent des statistiques fournies par le SESSI et l'UIC [53, 118] ainsi que des déclarations annuelles des rejets [19].

##### e/ Production de styrène

En 1990, il y avait trois sites de production en France. Depuis 2010, il n'en reste plus qu'un. Les activités proviennent du SESSI [53] jusqu'en 1990 et directement des déclarations annuelles de rejets des industriels [19] pour les années suivantes. Les activités des années pour lesquelles les données ne sont pas disponibles sont estimées par interpolation des années connues.

##### f/ Production de polystyrène

Parmi les cinq sites recensés en 1990, quatre sont encore en activité. On distingue la production de polystyrène expansé (EPS) produit par un seul site depuis 1993, de celle de polystyrène à usage général (GIPPS) et à impact élevé (HIPS) produits par 3 sites. Entre 1980 et 2003, les activités proviennent pour certaines années des statistiques fournies par l'UIC [118], pour d'autres, des statistiques du SESSI et du SPMP [53, 115] et ont été interpolées pour les années où les informations ne sont pas disponibles. Depuis 2004, les déclarations annuelles des rejets sont utilisées pour déterminer les quantités de polystyrène produites (par type) [19].

##### g/ Production de résines butadiène styrène acrylonitrile (ABS)

Le seul site recensé a fermé en mars 2008. Les productions (données confidentielles) et les émissions proviennent des déclarations annuelles [19].

##### h/ Production d'anhydride phtalique

Le seul site producteur d'anhydride phtalique en France a cessé son activité en 2014. Les productions (données confidentielles) et les émissions proviennent des déclarations annuelles [19].

i/ Production d'autres produits n'entrant pas dans une catégorie citée

Plus d'une cinquantaine de sites, dont certains sont de petits émetteurs, n'entrent pas dans les activités précitées et sont répertoriés dans cette catégorie. Les activités étant très diverses (i.e. élastomère, etc.), les émissions sont rapportées sur une production fictive.

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission provenant de sources diverses parfois confidentielles, des statistiques fournies par l'UIC [118] et des déclarations annuelles de rejets [19].

A partir de 2004, les déclarations sont de plus en plus exhaustives. Cependant, la complexité réside dans la détermination des diverses productions ce qui induit une incertitude supérieure au résultat par activité comparée à l'incertitude globale attachée au secteur.

Les sites de production d'éthanol sont distingués dans cette catégorie. La production nationale est estimée différemment selon les périodes :

- De 1995 à aujourd'hui, les données sont issues de l'Enquête Annuelle de Production d'Eurostat « PRODCOM », dernière édition disponible [1074].
- Entre 1988 et 1994, la production est calculée à partir de la moyenne des productions des années 1995 à 1997.

**Emissions de SO<sub>2</sub>**Production d'éthylène et de propylène

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont induites par la consommation des combustibles dans les fours de vapocraquage. Les émissions des vapocraqueurs sont le plus souvent déterminées par mesure directe et/ou à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leurs teneurs en soufre recensées chaque année et généralement suivies en continu ou avec une fréquence élevée [19]. Lorsqu'une valeur spécifique manque pour un paramètre donné, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.

Autres productions de la chimie organiquei/ Production d'autres produits

Seule une usine appartenant au secteur « production d'autres produits » a émis du SO<sub>2</sub> par le passé jusqu'en 1997. Entre 1994 et 1997, les émissions proviennent des déclarations annuelles de rejets de cette usine [19]. Les émissions ont été considérées constantes avant 1994.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**Production d'éthylène et de propylène

Les émissions sont déterminées à partir d'une mesure ou au moyen de facteurs d'émission tirés de la littérature [22] ou de la section générale énergie.

Production d'acide glyoxylique

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont extraites des déclarations annuelles des rejets [19].

Une forte baisse du facteur d'émission des NO<sub>x</sub> est constatée depuis 2005 suite à la mise en place d'une unité de traitement catalytique.

Les données de production et facteurs d'émission sont confidentiels.

Autres productions de la chimie organiquei/ Production d'autres produits

Un site producteur d'acide para tertio butylbenzoïque (PTTB, jusqu'en 2005) et d'acide 4-méthylsulfonyl-nitrobenzoïque (NMSBA, de 2001 à 2014, suivi d'une reprise en 2019) est émetteur de



NOx. Ce site a cessé son activité en 2014. Les émissions de NOx étaient extraites des déclarations annuelles des rejets [19].

Les productions et facteurs d'émission sont donc confidentiels.

### ***Emissions de COVNM***

Toutes les activités considérées dans le secteur de la chimie organique émettent des COVNM. De manière générale, les facteurs d'émission ont fortement diminué depuis 1990 suite à la réduction des émissions fugitives et la mise en place d'oxydateurs.

#### Production d'éthylène et de propylène

Combustion fours : Les émissions de COVNM sont déterminées à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Procédés : Les émissions de COVNM sont déterminées à l'aide d'un facteur d'émission, recalculé à partir des émissions totales de COVNM estimées par les exploitants [19].

#### Production d'acide glyoxylique

Les émissions de COVNM sont extraites des déclarations annuelles des rejets [19].

Les données de production et facteurs d'émission sont confidentiels.

#### Autres productions de la chimie organique

##### a/ Production de monochlorure de vinyle (MVC)

Le facteur d'émission provient des données des industriels disponibles pour 1990, 1994 et 1995. A partir de 2004, les émissions des sites sont traitées spécifiquement à partir des déclarations annuelles de rejets [19]. Le facteur d'émission de 1990 est utilisé pour les années antérieures à 1990 et une interpolation est faite entre 1990 et 1994 et entre 1996 à 2003.

##### b/ Production de polyéthylène (basse et haute densité)

Les émissions de COVNM liées aux procédés, aux stockages et aux émissions fugitives sont considérées ici. Les facteurs d'émission de COVNM sont basés sur des données de production fournies par le SPMP et l'UIC [115, 118] et les déclarations annuelles de rejets [19]. A partir de 2004, les émissions des sites sont traitées spécifiquement à partir des déclarations annuelles de rejets [19]. Les émissions des années antérieures à 2004 ont été estimées en supposant une décroissance régulière globale du facteur d'émission de 25% entre 1980 et 2004.

##### c/ Production de polychlorure de vinyle (PVC)

Les facteurs d'émission de COVNM sont basés sur des données fournies par le SPMP [115] pour les années antérieures à 2004. A partir de cette dernière année, les émissions des sites sont déterminées spécifiquement à partir des déclarations annuelles de rejets [19].

##### d/ Production de polypropylène

Les facteurs d'émission proviennent des données disponibles dans les déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2004. Le facteur d'émission de l'année 2004 est appliqué aux années antérieures.

##### e/ Production de styrène

Le facteur d'émission de COVNM utilisé pour les années antérieures à 1994 provient du Guidebook EMEP/EEA 1999 [918]. Par la suite, les facteurs d'émission sont basés directement sur les déclarations annuelles des rejets [19]. Compte tenu du faible nombre de sites producteurs, les facteurs d'émission sont confidentiels.

f/ Production de polystyrène

A partir de 1995, les facteurs d'émission sont directement déduits des déclarations des industriels [19]. Le facteur d'émission de l'année 1995 est appliqué aux années antérieures faute de données plus précises.

g/ Production de résines butadiène styrène acrylonitrile (ABS)

Les facteurs d'émission sont basés sur les déclarations des industriels [19] à partir de 1994. Le facteur d'émission de 1990 provient du SPMP [115]. Pour les années 1991 à 1993, les valeurs ont été estimées par interpolation. La production a été arrêtée définitivement en 2009 et compte tenu du faible nombre de sites producteurs, les facteurs d'émission sont confidentiels.

h/ Production d'anhydride phtalique

Les facteurs d'émission sont déterminés à partir des données disponibles dans les déclarations annuelles de rejets des industriels [19]. Le seul site producteur d'anhydride phtalique en France a cessé son activité en 2014. Compte tenu du faible nombre de sites producteurs, les facteurs d'émission sont confidentiels.

i/ Production d'autres produits n'entrant pas dans une catégorie citée

Les données d'émission de COVNM proviennent directement des déclarations annuelles des industriels [19] à partir de 2004. Les années de la période 1998 - 2003 sont estimées en tenant compte du coefficient d'évolution déterminé à partir de l'enquête de l'UIC visant à estimer les émissions de COV de la chimie [331]. Cette approche bottom-up se justifie d'autant plus que depuis 2005 sont observés des phénomènes de réduction des activités en volume et la mise en place d'équipements de traitement des effluents (i.e. oxydateurs thermiques).

Pour la production d'éthanol, le facteur d'émission utilisé provient du Guidebook EMEP / EEA [1206]. Ce facteur d'émission est cohérent avec les données issues des déclarations de quelques sites de production d'éthanol (même ordre de grandeur).

**Emissions de CO**Production d'éthylène et de propylène

Les émissions de CO sont déterminées à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Autres productions de la chimie organiqueh/ Production d'anhydride phtalique

Les facteurs d'émission sont calculés à partir des émissions de CO disponibles dans les déclarations annuelles de rejets des industriels [19]. Le seul site producteur d'anhydride phtalique en France a cessé son activité en 2014. Les facteurs d'émission sont confidentiels.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>)**Production d'éthylène et de propylène

Les émissions de poussières totales en suspension sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

Les émissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub> sont déterminées à l'aide de ratios granulométriques issus d'une combinaison de systèmes de dépoussiérage selon les combustibles (cf. section générale énergie).

Autres productions de la chimie organique

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont estimées au moyen de la répartition granulométrique par défaut disponible dans le guide EMEP/EEA pour l'industrie chimique [1011] lorsque les émissions de TSP sont estimées.

b/ Production de polyéthylène (basse et haute densité)

Les émissions de TSP sont estimées au moyen des facteurs d'émission disponibles dans le guide EMEP/EEA pour la production de polyéthylène basse densité et de polyéthylène haute densité [1011].

c/ Polychlorure de vinyle

Pour l'année 1990, les émissions de TSP sont estimées au moyen d'un facteur d'émission issu du Guidebook EMEP/EEA [919]. A partir de 2000, un facteur d'émission moyen des procédés d'émulsion et de suspension, issu du BREF Fabrication des polymères, est considéré [530]. Le facteur d'émission est interpolé linéairement entre 1990 et 2000. A partir de 2008 le facteur d'émission est issu directement des déclarations annuelles des industriels [19] et une interpolation linéaire entre 2000 et 2008 a été réalisée.

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont estimées au moyen de facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP / EEA [919].

d/ Polypropylène

Les émissions de TSP sont estimées au moyen d'un facteur d'émission fourni par l'UBA [82].

f/ Production de polystyrène

Les émissions de TSP sont estimées au moyen des facteurs d'émission disponibles dans le guide EMEP/EEA pour la production de polystyrène de type GPPS, HIPS et EPS [1012].

h/ Anhydride phtalique

Les émissions de TSP sont estimées au moyen d'un facteur d'émission fourni par l'UBA [82].

i/ Production d'autres produits

Les données d'émission de TSP proviennent directement des déclarations annuelles des industriels [19] à partir de 2004. Les années antérieures sont estimées via des données des exploitants et en tenant compte du coefficient d'évolution déterminé à partir d'une enquête de l'UIC [331].

***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***Production d'éthylène et de propylène

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient des références [1235] et [681].

Les ratios retenus dépendent du type de combustible :

- 4% pour les combustibles gazeux.

***Métaux lourds (ML)***Production d'éthylène et de propylène

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

***Dioxines et furanes (PCDD-F)***Production d'éthylène et de propylène

Les émissions de dioxines et furanes sont déterminées à partir des consommations [19] et au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***Production d'éthylène et de propylène

Les émissions de HAP sont déterminées à partir des consommations [19] et au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

***Emissions de NH<sub>3</sub>***c/ Production de polychlorure de vinyle (PVC)

Un site déclare des émissions de NH<sub>3</sub> lors de la production de PVC [19]. Dès le démarrage de l'installation en 2005, des émissions sont déclarées et utilisées dans l'inventaire (confidentielles).

i/ Production d'autres produits

Six installations déclarent des émissions de NH<sub>3</sub>. Depuis 2004, les déclarations annuelles [19] sont utilisées. Pour les années 1990-2003, en l'absence de déclaration, la moyenne des émissions 2004-2005 est reportée.

Torches dans l'industrie chimique :***Emissions de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COVNM, TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, black carbon (BC)***

Les émissions des torches (depuis 2012) sont issues des déclarations annuelles des exploitants [19]. Pour les années où les déclarations ne sont pas disponibles, un facteur d'émission issu d'une moyenne de plusieurs années est appliqué à l'activité).

### 4.2.3 Incertitudes

#### 4.2.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 4.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 4.2.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

### 4.2.5 Recalculs

#### 4.2.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Les recalculs par sous-secteurs (2B1, 2B2, 2B3, 2B5, 2B6, 2B7, 2B10) sont présentés ci-dessous :

Tableau 97 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2B

<b>2B1 - Ammonia Production</b>	
Pas de recalcul entre les deux éditions pour le secteur de la production d'ammoniac.	
<b>2B2 - Nitric Acid Production</b>	
Pas de recalcul entre les deux éditions pour le secteur de la production d'acide nitrique.	
<b>2B3 - Adipic Acid Production</b>	
Pas de recalcul entre les deux éditions pour le secteur de la production d'acide adipique.	
<b>2B5 - Carbide Production</b>	
Pas de recalcul entre les deux éditions pour le secteur de la production de carbure de calcium.	
<b>2B6 - Titanium dioxide production</b>	
Pas de recalcul entre les deux éditions pour le secteur de la production de dioxyde de titane.	
<b>2B7 - Soda Ash Production</b>	
Pas de recalcul entre les deux éditions pour le secteur de la production de carbonate de calcium.	
<b>2B10 - Other chemical Industry</b>	
Production	<i>Vapocraqueurs</i> : : Consolidation des données et harmonisation des méthodes de calculs pour les productions et facteurs d'émissions des vapocraqueurs.
Cd, TSP, PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub>	Révision des émissions 2020 suite à la mise à jour des livraisons de superphosphates (données UNIFA), modification du calcul des émissions de Cadmium et TSP pour les engrais phosphatés  Chimie inorganique : - Le recalcul des PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub> est dû à l'ajout des émissions de ceux deux polluants pour la production d'hydrogène, de sulfure de carbone, de protoxyde d'azote et pour des productions diverses ; - Le recalcul de TSP pour la production d'hydrogène est dû à la mise à jour des déclarations suite à la détection des anomalies GEREP.

#### 4.2.6 Améliorations envisagées

##### 4.2.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pas d'amélioration prévue pour ce secteur.

## 4.3 Métallurgie (NFR 2C)

### 4.3 Metal production (NFR 2C)

Cette catégorie regroupe la production de fonte et d'acier, de ferroalliages, d'aluminium primaire, de nickel, et le broyage de batteries.

#### 4.3.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 4.3.1 Main features

Rappel des polluants pour lesquels le secteur de la métallurgie (2C) est source clé :

Tableau 98 : Polluants pour lesquels le secteur 2C est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO <sub>2</sub>	5	6,4%	-	-
PM <sub>10</sub>	-	-	4	5,1%
TSP	-	-	5	5,6%
CO	2	14,0%	3	9,7%
Cd	4	11,0%	2	22,2%
Hg	6	5,4%	-	-
As	-	-	2	15,5%
Cr	6	5,2%	1	91,1%
Cu	-	-	4	6,7%
Ni	7	5,6%	1	20,5%
Zn	5	4,6%	1	69,7%
HCB	3	15,3%	-	-
PCB	1	29,8%	-	-

#### 4.3.1.1. Procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier et des cokeries (NFR 2C1)

##### 4.3.1.1 Iron and steel

Les activités traitées dans cette section concernent une partie des ateliers sidérurgiques, dans la limite de la partie des procédés non énergétiques.

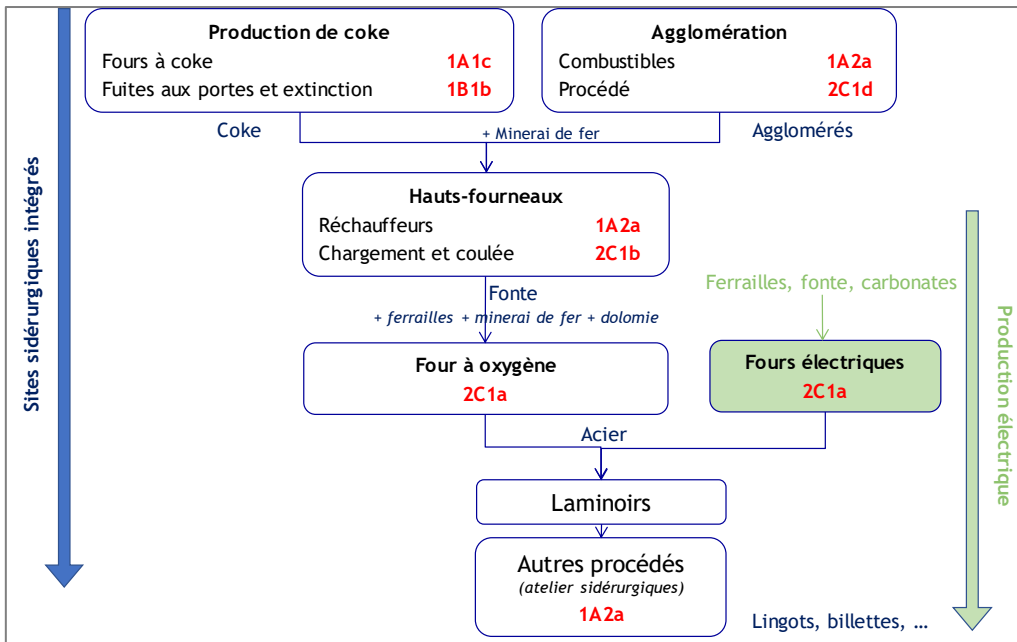


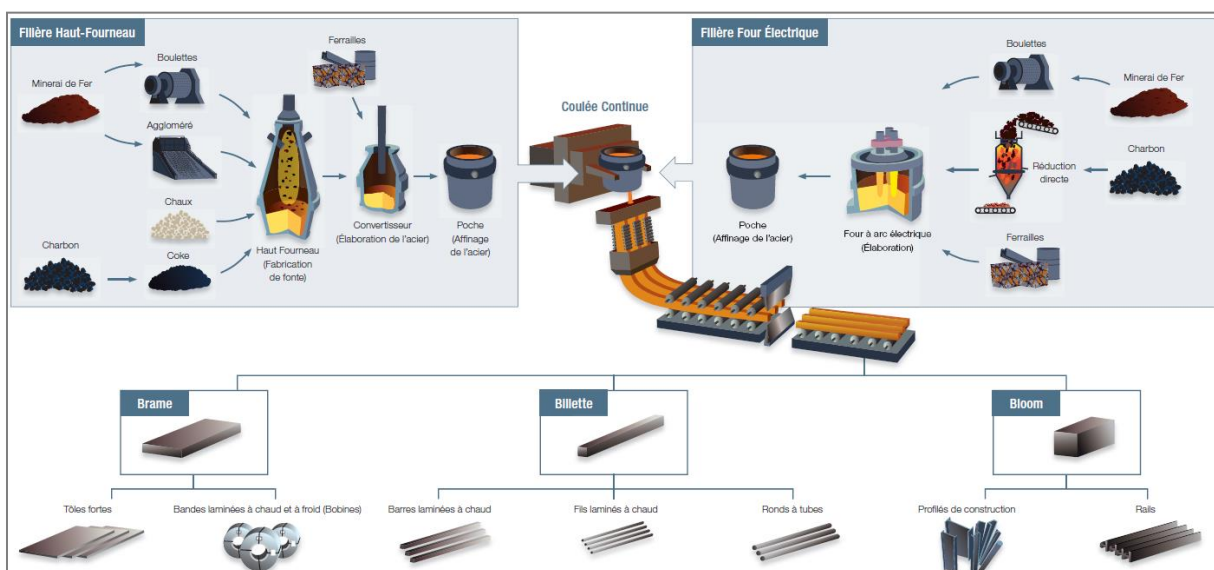
Figure 97 : Répartition des émissions des ateliers sidérurgiques au sein des secteurs de l'inventaire

Les activités couvertes par cette section sont :

- les chaînes d'agglomération,
- les hauts-fourneaux (chargement et coulée),
- les aciéries à l'oxygène,
- les aciéries électriques,
- les laminaires.

Pour information, la production de ferro-alliages est traitée dans la section « 2C2 - ferro alloys ».

Le procédé de production sidérurgique est rappelé ci-dessous.



Source : acier.org

➤ *Agglomération*

La **chaîne d'agglomération** est un atelier dans lequel le minerai de fer est broyé et calibré en grains qui s'agglomèrent entre eux. L'ajout de liants (chaux, castine) et de poussier de coke conduit à la production d'agglomérés. L'aggloméré obtenu est concassé puis chargé dans le haut fourneau avec du coke. Le coke est un combustible résidu solide issu de la distillation de la houille.

➤ *Hauts-fourneaux*

Les **hauts-fourneaux** produisent de la **fonte** à partir du fer extrait du minerai (l'aggloméré) et du coke. Ces deux produits sont introduits par le haut du haut-fourneau. L'air chaud (1 200 °C) insufflé à la base du haut-fourneau provoque la combustion du coke. L'oxyde de carbone formé réduit les oxydes de fer pour isoler le fer. La chaleur dégagée par la combustion fait fondre le fer. Le mélange obtenu est la fonte. Les résidus formés (laitier) sont exploités par d'autres industries : construction de routes, cimenterie, etc. L'opération qui se déroule dans les hauts-fourneaux est consommatrice d'énergie fossile. Le processus de fabrication comprend, d'une part, la combustion d'énergie fossile (essentiellement du gaz de haut fourneau) aux régénérateurs ou cowpers également appelés « réchauffeurs », qui s'apparente à une combustion sans contact et, d'autre part, des procédés non énergétiques tels que le chargement et la coulée au niveau du haut-fourneau. La présente section traite de la partie non énergétique du procédé, tandis que la partie relative à la combustion est traitée dans la section « 1A2a - iron steel ».

➤ *Convertisseurs à oxygène et aciéries électriques*

Différents procédés sont utilisés pour la fabrication de l'acier : les **fours à oxygène, présents dans des sites sidérurgiques intégrés**, dans lesquels de l'oxygène est injecté et les **fours électriques, au sein des aciéries électriques**. Les émissions relatives à ces procédés sont traitées dans la présente section.

➤ *Autres ateliers*

Les **fours de réchauffage** et les laminoirs permettent de mettre en forme le métal (bandes, lingots, billettes, fils, poutres, etc.). Ces opérations sont consommatrices d'énergie et sources d'émissions diffuses, notamment de COVNM.

Actuellement, deux sites intégrés de production d'acier sont en activité (présence du four à coke, du haut-fourneau, du convertisseur à oxygène, et de laminoirs), un site ayant fermé ses hauts-fourneaux et le four à oxygène en octobre 2011. Certains sites disposent d'une ou plusieurs activités spécifiques (hauts-fourneaux par exemple) sans posséder toute la chaîne de production d'acier.

Quatre chaînes d'agglomération existent en France actuellement. Trois hauts-fourneaux dont deux au sein des sites intégrés sont encore en fonctionnement. Ces deux sites comptent les deux convertisseurs à oxygène encore présents sur le territoire français. Une vingtaine d'aciéries électriques existe en France. Les laminoirs étaient au nombre de 70 en 2000 selon l'enquête EACEI (d'après les codes NAF 272 et 273 (sauf 273J)).

#### 4.3.1.2. Production de ferroalliages (NFR 2C2)

##### 4.3.1.2 Ferrous production

Les ferroalliages sont constitués de fer allié à d'autres métaux tels que le manganèse, le chrome ou le nickel. Les matières entrantes subissent un procédé de réduction, grâce à l'apport d'agents réducteurs tels que le coke ou le charbon. Deux types de technologies sont utilisées en France :

- les fours électriques, présents depuis 1978.
- les hauts-fourneaux, présents jusqu'en 2003.



Il subsiste deux sites en activité en métropole (procédé électrique) et deux en Nouvelle-Calédonie (procédé électrique). Les sites présents en Nouvelle-Calédonie (périmètre CCNUCC, hors CEE-NU) utilisent du charbon et de l'antracite et non du coke pour le procédé de réduction.

#### 4.3.1.3. Production d'aluminium (NFR 2C3)

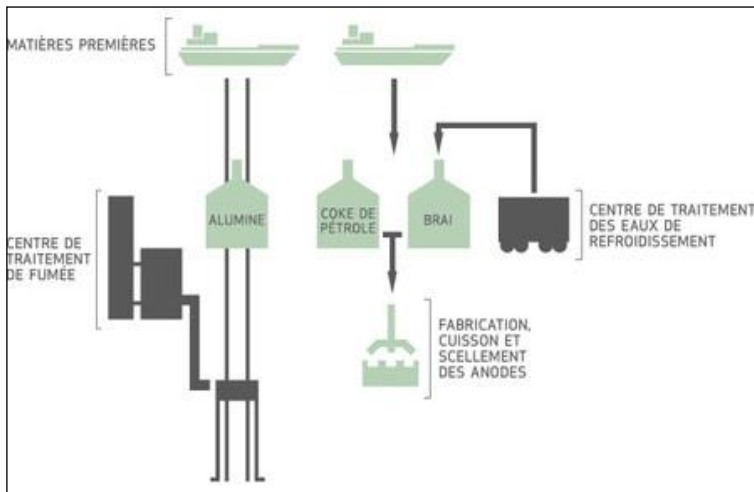
##### 4.3.1.3 Aluminium production

L'aluminium de première fusion est obtenu par électrolyse de l'alumine selon le procédé découvert en 1886 par le français Paul Héroult et l'américain Charles Hall (procédé Hall-Héroult). Une usine de production d'aluminium primaire comporte trois secteurs : le secteur « carbone », le secteur « électrolyse » et le secteur « fonderie » :

- **Secteur « carbone » :**

Le secteur « carbone » est le siège de la fabrication des anodes qui serviront à l'électrolyse. Il comprend une tour à pâte, un four à cuire et un atelier de scellement.

Les anodes sont produites à partir de coke de pétrole, de brai liquide et de recyclés d'anodes pour former une pâte. Deux types d'anodes existent : les anodes Søderberg et les anodes précuites. Le procédé de Søderberg produit les anodes en continu, au sein même des cuves d'électrolyse. Ce procédé n'est plus utilisé en France, au profit du procédé des anodes précuites. Celles-ci sont fabriquées à l'extérieur de l'unité d'électrolyse. La pâte est mélangée dans une tour à pâte, puis cuite lentement à environ 1 100 °C dans un four à cuire, afin d'obtenir un bloc de carbone solide. L'anode cuite est ensuite scellée à des rondins d'acier surmontés d'une tige en aluminium, elle-même soudée aux rondins grâce à de la fonte.

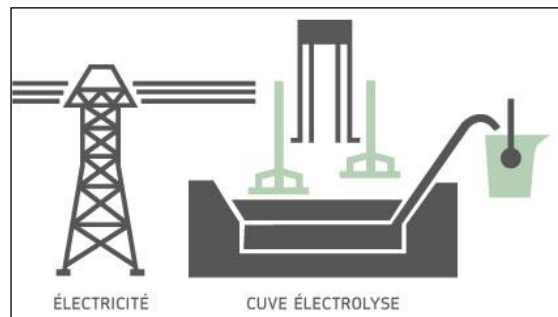


Le procédé n'est plus utilisé en France, au profit du procédé des anodes précuites. Celles-ci sont fabriquées à l'extérieur de l'unité d'électrolyse. La pâte est mélangée dans une tour à pâte, puis cuite lentement à environ 1 100 °C dans un four à cuire, afin d'obtenir un bloc de carbone solide. L'anode cuite est ensuite scellée à des rondins d'acier surmontés d'une tige en aluminium, elle-même soudée aux rondins grâce à de la fonte.

Environ 430 kg d'anode sont nécessaires pour produire une tonne d'aluminium. Le procédé est schématisé sur la figure ci-contre (source : Association de l'Aluminium du Canada (AAC)[541]).

- **Secteur « électrolyse » :**

Le procédé consiste à réduire par électrolyse l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dissoute dans un bain de cryolithe ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) à environ 1 000 °C. La cuve dans laquelle se trouve le bain cryolithique fait office de cathode. Un courant électrique de haute densité traverse la cuve d'électrolyse. Ce procédé est électro intensif (environ 14 MWh sont nécessaires pour produire une tonne d'aluminium). L'aluminium se dépose au fond de la cuve tandis que les anodes en carbone se consomment. L'oxygène provenant de l'alumine réagit avec le carbone des anodes et engendre des émissions de  $\text{CO}_2$ . Cette consommation de carbone oblige à remplacer régulièrement les anodes. Une tonne d'aluminium produite nécessite environ deux tonnes d'alumine. L'aluminium liquide se dépose au fond de la cuve et est régulièrement prélevé par "siphonage" dans une poche, qui est transférée dans un four d'attente à la fonderie. Les cuves



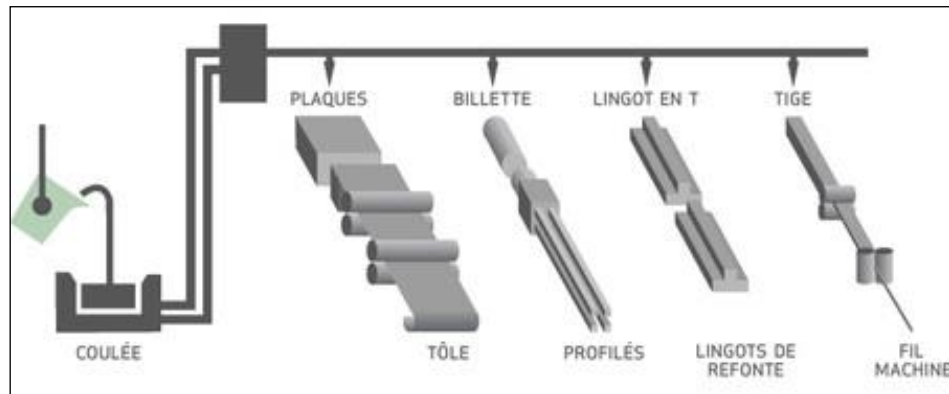
sont entièrement capotées afin de capter les gaz qui s'échappent du bain lors de l'électrolyse (ces gaz contiennent notamment du fluor provenant de la cryolithe) et de les envoyer vers un dispositif d'épuration où le fluor est récupéré par fixation sur de l'alumine fraîche. Le procédé peut être schématisé comme ci-dessus (AAC).

- **Secteur « fonderie » :**

Ce secteur est dédié à la production d'alliages. A la sortie de la cuve d'électrolyse, les alliages sont effectués dans un four. D'autres métaux sont ajoutés à l'aluminium dans des proportions précises pour obtenir des alliages aux propriétés souhaitées par les clients. L'aluminium est ensuite dégazé avant d'être libéré des dernières impuretés, avant d'être solidifié sous des formes variées :

- des plaques de laminage pour la fabrication de tôles utilisées pour les ailes d'avion, les citernes, les bardages, etc. ;
- des billettes de filage pour la fabrication de châssis et armatures de véhicules ferroviaires et routiers, la menuiserie métallique, les bâtons de ski, etc. ;
- du fil machine à usage électrique essentiellement ;
- des lingots en aluminium ou en alliages destinés notamment à la fonderie pour la fabrication de pièces automobiles.

Le schéma suivant (AAC) illustre ce secteur :



La première fusion de l'aluminium est une source importante connue d'émissions de perfluorocarbures (PFC). Ces gaz fluorés se forment au cours d'un phénomène appelé « effet d'anode », quand les niveaux d'alumine ne sont pas suffisants dans la cuve d'électrolyse. En cas d'effet d'anode, la tension de la cellule augmente très soudainement. L'anode en carbone est alors consommée par les sels fluorés du bain électrolytique, conduisant à l'émission de  $CF_4$  et  $C_2F_6$ .

L'aluminium primaire est obtenu par électrolyse de l'alumine dans un bain de cryolithe (contient du fluor) qui constitue la cathode, et des anodes en carbone. En fonction du type d'anode utilisé, il existe deux technologies de production de l'aluminium primaire : la méthode SØderberg et la méthode des anodes précuites. Le procédé SØderberg produit les anodes en continu, au sein même des cuves d'électrolyse. Ce procédé n'est plus utilisé en France, au profit du procédé des anodes précuites. Celles-ci sont fabriquées à l'extérieur de l'unité d'électrolyse. Pour la méthode de production avec les anodes précuites, deux types de technologies existent :

- la plus ancienne, dénommée SWPB (side-worked, ou piquage latéral) correspondant à une alimentation mécanisée sur les côtés de la cuve d'électrolyse,
- la plus récente, dénommée CWPB (centre-worked, ou piquage central) correspondant à une alimentation ponctuelle automatique au centre de la cuve.

La technologie CWPB est moins émettrice de PFC car elle limite les effets d'anode à l'origine des émissions, et permet la mise en place de système de captage et de traitement des rejets. L'effet

d'anode se produit lorsque l'alumine vient à manquer dans le bain de cryolithe. En 1990, 39% de la production était réalisée par des sites CWPB (2 sites), contre 100% depuis 2008.

Depuis 2008, il ne reste plus que deux sites de production en France, contre 8 en 1991. Les faibles productions d'un centre de recherche à proximité d'un site sont déclarées séparément depuis 2014.

#### 4.3.1.4. Production de magnésium (NFR 2C4)

##### 4.3.1.4 Magnesium production

Pour la plupart des polluants, il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé. Ainsi, pour différents polluants, la notation key « IE » est utilisée, l'ensemble des émissions étant rapporté dans le NFR 1A2b.

Les émissions de CO de la production de magnésium ne sont pas estimées faute de données, de méthodes ou de facteurs d'émission pertinents pour ce secteur dans les lignes directrices EMEP/EEA 2019.

Entre 1964 et 2001, la production de magnésium a eu lieu sur un seul site en France. Le site a fermé au cours de l'année 2001. Il n'y a plus de production depuis 2002. A partir de 2003, ce site de première fusion du magnésium devient une fonderie de seconde fusion classée parmi l'élaboration et l'affinage des alliages non ferreux. Aucune donnée n'est disponible sur les émissions de CO de la part de l'exploitant.

#### 4.3.1.5. Production de zinc (NFR 2C6)

##### 4.3.1.5 Zinc production

Les émissions de polluants atmosphériques liées à la production de zinc de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>nde</sup> fusion sont incluses dans la section 1A2b - primary lead & zinc et 1A2b - secondary lead & zinc.

#### 4.3.1.6. Production de nickel (NFR 2C7b)

##### 4.3.1.6 Nickel production

L'activité concernée dans cette section est la production de nickel hors procédé thermique et correspond au code NFR 2C7b.

La production de nickel se fait à partir de deux types de minerais :

1/ les minerais contenant du nickel oxydé (formés par la modification chimique de roches de surface sous climat tropical). Les minerais contiennent 1,8% de nickel. Seuls les minerais latéritiques silicates (notamment la garniérite de Nouvelle-Calédonie, teneur moyenne 2,8%) ont été jusqu'ici exploités.

2/ les minerais contenant du nickel sulfuré (extrait en profondeur, alliés à des minerais annexes, teneur élevée).

En France métropolitaine, il y a un seul site de production qui élabore du nickel de haute pureté. Le procédé est décrit ci-dessous :

##### 1. Attaque de la matte

La matte est d'abord broyée finement, puis attaquée par une solution de chlorure ferrique en présence de chlore dans un ensemble de réacteurs. Le nickel, le cobalt et le fer sont transformés en chlorures, tandis que le soufre reste à l'état élémentaire.

La solution de chlorures de nickel, cobalt et fer est séparée du soufre et des résidus insolubles grâce à un filtre et subit alors des étapes successives d'extraction et de purification.

##### 2. Extraction et purification

- Extraction du fer

L'extraction du fer est obtenue grâce à l'utilisation d'un solvant organique sélectif mis en contact avec la solution dans une batterie d'appareils mélangeurs-décanteurs fonctionnant à contre-courant.

- Extraction du cobalt

Pour extraire le cobalt de la solution de chlorures de nickel et de cobalt maintenant débarrassée du fer, le même principe que précédemment est appliqué dans une autre série de mélangeurs-décanteurs à l'aide d'un solvant différent. Une solution de chlorure de cobalt pure et une solution de nickel ne contenant plus de cobalt sont obtenues.

### 3. Electrolyse

La solution purifiée de chlorure de nickel est envoyée dans une série de cuves d'électrolyse. Celles-ci comportent des anodes insolubles régénérant le chlore ; le nickel métal se dépose à la cathode, sur des feuilles-mères en nickel.

Une cathode épaisse de nickel pur à très basse teneur en cobalt et avec des niveaux d'impuretés extrêmement faibles est obtenue.

Pour les besoins spécifiques de certaines industries (nucléaire, aérospatiale, etc.), les cathodes subissent un recuit éliminant totalement l'hydrogène.

### 4. Découpage des cathodes et conditionnement

Avant leur expédition, les cathodes de nickel sont découpées par cisailage pour obtenir des éléments, adaptés aux besoins des industries utilisatrices puis conditionnées.

Il est à noter que seules les émissions de la métropole sont considérées pour ce format de rapportage.

#### 4.3.1.7 Production d'autres métaux (NFR 2C7c)

##### *4.3.1.7 Other metal production*

Cette section concerne les émissions de plomb liées au broyage de batteries (la production de plomb est traitée en section 1A2b).

Les sites concernés étaient tous, en premier lieu, des sites de production de plomb de deuxième fusion. Tous ont connu une réduction d'activité, abandonnant la production de plomb deuxième fusion mais conservant le broyage de batteries sur site. Les émissions de plomb et de poussières de ces sites ne sont pas liées à la combustion (cf. section générale énergie), mais bien au procédé concerné, ici le broyage de batteries.

En 2001, un seul site était concerné par le broyage de batteries uniquement. De 2002 à 2004, deux sites étaient concernés par cette activité, sites fermés l'année suivante. Depuis 2012, un nouveau site de production de plomb de deuxième fusion connaît une réduction d'activité mais conserve ses activités de broyage de batteries uniquement. En 2020, ce dernier site français a cessé son activité de broyage de batterie.

### 4.3.2 Méthodes d'estimation des émissions

#### *4.3.2 Methods for estimating emissions*

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

#### 4.3.2.1. Procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier et des cokeries (NFR 2C1)

##### *4.3.2.1 Iron and steel*

Les productions nationales des différents ateliers sidérurgiques sont fournies par différentes sources : les déclarations annuelles [19], la fédération professionnelle [27] et le SESSI [53].

Les facteurs d'émission sont calculés d'après les informations relatives aux différents sites [19, 50] et aux caractéristiques des matières et procédés [27].

Il convient de noter que la distinction entre les émissions liées à la combustion (1A2a) et les émissions liées au procédé (2C1) est réalisée en fonction de l'atelier sidérurgique, des natures des intrants et de la prise en compte des lignes directrices pour la réalisation des inventaires.

La fédération professionnelle fournit un bilan des consommations et productions « Energies et matières » par atelier [27] jusqu'en 2013.

Par exemple, l'atelier de production de fonte (au sein du haut-fourneau) utilise du coke et des charbons comme agents réducteurs (matières premières → émissions liées au procédé) et des combustibles liquides et gazeux pour réchauffer l'air injecté à la base du haut-fourneau qui provoque la combustion des matières premières (émissions liées à la combustion). Des gaz de haut-fourneau issus de la transformation des matières premières sont produits et sont en partie réutilisés comme combustibles (apport énergétique) au sein du site intégré. Les émissions des gaz de haut-fourneau non valorisés et issues de la transformation des matières premières sont comptabilisées en procédé. La distinction des émissions entre la combustion et le procédé est réalisée de différentes façons selon la nature des intrants, selon les substances considérées (cf. sections dédiées aux émissions par polluant) et en considérant les lignes directrices pour la réalisation des inventaires des émissions. A partir de 2014, les données fournies par la fédération professionnelle [27] ne sont plus disponibles. Afin d'estimer les consommations de combustible pour chaque type de production (pour les ateliers : agglomération, hauts-fourneaux, convertisseurs à oxygène, aciérie électrique, autres ateliers), une estimation de la consommation totale de combustibles par atelier est réalisée à partir de la production (par type d'atelier) et d'un ratio moyen entre la consommation totale et la production, basé sur les années connues. Une répartition moyenne des consommations par type de combustible, basée sur les années connues, est appliquée à la consommation totale afin d'obtenir les consommations par combustible. Lorsque les productions individuelles des sites connus sont disponibles, elles sont utilisées [19].

### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

#### ➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Avant 2004, un facteur d'émission moyen est tiré des émissions déclarées annuellement par les exploitants et appliqué à la production nationale de fonte des années antérieures. A partir de 2004, les données des déclarations annuelles sont utilisées [19, 27].

#### ➤ *Convertisseurs à oxygène*

Les émissions de SO<sub>2</sub> de ces aciéries sont disponibles pour tous les sites depuis 1998 [19]. Avant cette date, une valeur moyenne est appliquée à la production nationale d'acier par les fours à oxygène.

#### ➤ *Aciéries électriques*

A partir de 2006, les facteurs d'émission sont calculés sur la base des données des déclarations annuelles des aciéries électriques [19]. Un facteur d'émission moyen calculé pour 2006-2008 est appliqué à la production nationale d'acier pour les années antérieures à 2006.

### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

#### ➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Avant 2004, un facteur d'émission moyen est tiré des déclarations annuelles et appliqué sur les années antérieures. A partir de 2004, les émissions déclarées annuellement par les exploitants sont utilisées [19, 27].

#### ➤ *Convertisseurs à oxygène*

Les émissions de NO<sub>x</sub> de ces aciéries sont disponibles pour tous les sites depuis 1998 [19]. Avant cette date, une valeur moyenne est appliquée à la production nationale d'acier correspondant aux sites non connus individuellement.

➤ *Aciéries électriques*

A partir de 2006, les facteurs d'émission sont calculés sur la base des données d'émissions et de production d'acier déclarées annuellement par les aciéries électriques [19]. Un facteur d'émission moyen calculé pour 2006-2008 est appliqué pour les années antérieures à 2006.

**Emissions de COVNM**

➤ *Convertisseurs à oxygène*

Pour les COVNM, un facteur d'émission moyen issu du Guidebook EMEP/CORINAIR [588] est appliqué à la production nationale d'acier.

➤ *Aciéries électriques*

A partir de 2006, les facteurs d'émission sont calculés sur la base des données d'émission et de production d'acier des déclarations annuelles des aciéries électriques [19]. Un facteur d'émission moyen calculé pour 2006-2008 est appliqué pour les années antérieures à 2006.

➤ *Laminoirs*

Un facteur d'émission moyen est calculé à partir des données nationales de fabrication de produits laminés à froid et à chaud, issues de la fédération professionnelle, et de deux facteurs d'émission qui proviennent du Guidebook EMEP/CORINAIR [588] : un facteur d'émission pour le laminage à froid et un facteur d'émission pour le laminage à chaud.

**Emissions de CO**

➤ *Chargement et coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission varie selon les années en fonction des quantités de gaz à haut-fourneau rejetées ou captées par les sites [27] et de la production nationale de fonte. Le facteur d'émission moyen national est exprimé en kg CO/ Mg de fonte produite.

➤ *Convertisseur à oxygène*

Le facteur d'émission issu du Guidebook EMEP/CORINAIR [588] est retenu et appliqué à la production nationale d'acier.

➤ *Aciéries électriques*

A partir de 2006, les facteurs d'émission sont calculés sur la base des données des déclarations annuelles des aciéries électriques [19]. Un facteur d'émission moyen calculé pour 2006-2008 est appliqué pour les années antérieures à 2006.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les activités de la sidérurgie émettent des particules au niveau de la coulée de la fonte brute, des convertisseurs à oxygène, des aciéries électriques et des laminoirs.

➤ *Coulée des hauts-fourneaux et convertisseurs à oxygène*

Le facteur d'émission des TSP est déterminé à partir des informations contenues dans les déclarations annuelles des rejets [19] et de données communiquées directement par les exploitants [50]. L'une des normes de mesure utilisée dans ces déclarations est la Norme NF EN 13284-1, avec piégeage sur

filtre de quartz et pesée en laboratoire. La fraction de condensables n'est pas considérée, seule la fraction filtrable l'est.

➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission des poussières entre 1990 et 2005 est calculé sur la base de données disponibles pour l'année 1994 et évolue pour tenir compte de l'installation de systèmes de dépoussiérage sur les sites. A partir de 2006, ce facteur d'émission est déterminé à partir des déclarations annuelles [19]. L'une des normes de mesure utilisée dans ces déclarations est la Norme NF EN 13284-1, avec piégeage sur filtre de quartz et pesée en laboratoire. La fraction de condensables n'est pas considérée, seule la fraction filtrable l'est.

➤ *Laminoirs*

Les facteurs d'émission proviennent de l'INESTENE [154] : un facteur d'émission pour le laminage à froid et un facteur d'émission pour le laminage à chaud. Il n'y a pas d'indication sur l'inclusion ou non des condensables dans ce facteur d'émission. Le facteur d'émission global est recalculé à partir des données de fabrication de produits laminés à froid et à chaud.

**Emissions de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{1,0}$**

➤ *Coulée des hauts-fourneaux et convertisseurs à oxygène*

En 1990, les granulométries proviennent de « UK Particulates and heavy metal emissions from industrial processes » [106]. Pour les années entre 1990 et 2010, elles sont interpolées afin de tenir compte de la mise en place progressive des systèmes de traitement des poussières au cours du temps. Les granulométries à partir de 2010 proviennent de campagnes de mesures réalisées par les sites et compilées par la fédération professionnelle [27].

➤ *Aciéries électriques*

La granulométrie est basée sur l'étude ADEME de 2004 relative à la « détermination de la granulométrie des aérosols dans les émissions diffuses d'ateliers sidérurgiques » [276].

➤ *Laminoirs*

La granulométrie provient de campagnes de mesures réalisées par la profession. Elle est considérée comme constante au cours de la période car les laminoirs n'ont pas bénéficié d'améliorations significatives pour le traitement des poussières.

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

➤ *Convertisseurs à oxygène et aciéries électriques*

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ . Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [769].

**Métaux lourds (ML)**

Les activités émettant des métaux lourds dans la sidérurgie sont la coulée des hauts-fourneaux, les convertisseurs à oxygène et les aciéries électriques.

Tous les métaux lourds inventoriés dans le SNIEBA sont émis. L'évolution des facteurs d'émission est liée aux diverses améliorations apportées par les exploitants, notamment captage, équipements de dépollution, meilleure gestion des approvisionnements des matières premières, meilleure efficacité, etc. Toutefois, des écarts ponctuels sont observables certaines années, du fait de la teneur fluctuante en métaux des différents lots de matières premières, amplifiés ensuite par les volumes consommés.

➤ *Convertisseurs à oxygène*

Les facteurs d'émission des métaux lourds (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, et Zn, hors Se) sont déduits des déclarations annuelles [19] à partir de 2006. Pour les années antérieures, une estimation est effectuée sur la base des caractéristiques des dépoussiéreurs des différentes installations [50].

### Arsenic

#### ➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2004. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2004.

#### ➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] des années 2002, 2003, 2006 et suivantes. L'estimation pour 2004 et 2005 est un report de 2003. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2002.

### Cadmium

#### ➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2003. La moyenne de la période 2003 - 2005 est appliquée aux années antérieures jusqu'en 1990.

#### ➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2002. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 [70]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre 1990 et 2002.

### Chrome

#### ➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2002. L'année 2001 est estimée comme la moyenne des années 2002 à 2005. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2001.

#### ➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] des années 2002, 2003, 2006 et suivantes. L'estimation pour 2004 et 2005 est un report de 2003. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2002.

### Cuivre

#### ➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2002. Les années antérieures sont déterminées à partir du ratio des facteurs d'émission TSP/Cu de l'année 2002.

#### ➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] des années 2002, 2003, 2006 et suivantes. L'estimation pour 2004 et 2005 est une moyenne des données de 2002 et 2003. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2002.



Mercur➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2004. La moyenne de la période 2004 - 2005 est appliquée aux années antérieures jusqu'en 1990.

➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2004. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 [70]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre 1990 et 2004.

Nickel➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2003. L'année 2002 est estimée comme la moyenne des années 2003 à 2005. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2002.

➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] des années 2002, 2003, 2006 et suivantes. L'estimation pour 2004 et 2005 est un report de 2003. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2002.

Plomb➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2003. L'année 2002 est estimée comme la moyenne des années 2003 à 2005. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2002.

➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2003. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2003.

Sélénium➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Les données obtenues proviennent de la fédération professionnelle [27] et concernent seulement certaines années. Celles-ci sont très variables. Le facteur d'émission retenu pour toute la période est la moyenne des années 2006 à 2008 (années les plus documentées).

➤ *Aciéries à l'oxygène et aciéries électriques*

Les émissions sont supposées nulles.

Zinc➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2002. Les années antérieures sont déterminées à partir du ratio des facteurs d'émission TSP/Cu de l'année 2002.

➤ *Aciéries électriques*

Le facteur d'émission est déduit des déclarations annuelles [19] à partir de 2002. Des données spécifiques sont disponibles pour 1990 et 1994 [70, 323]. Le facteur d'émission a été recalculé par interpolation entre, d'une part 1990 et 1994 et, d'autre part, entre 1994 et 2002.

#### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Les dioxines et furannes sont émis significativement par les aciéries électriques. Depuis 1998, les données disponibles par site dans les déclarations annuelles [19] sont utilisées. Un facteur d'émission national moyen en est déduit. Le facteur d'émission évolue à la suite de la mise en place de systèmes d'épuration des effluents.

Pour les années antérieures à 1998, le facteur d'émission est basé sur les résultats des enquêtes plomb et dioxines [7] et sur des hypothèses de décroissance des flux depuis les années 1990.

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

##### ➤ *Coulée des hauts-fourneaux*

La spéciation des facteurs d'émission provient de résultats de mesures [50].

##### ➤ *Aciéries électriques*

Seul un facteur d'émission pour les HAP totaux est utilisé. Il provient d'une étude [70].

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Les PCB sont émis par les aciéries électriques. Le facteur d'émission utilisé provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1135].

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Les émissions de HCB sont issues du procédé de fabrication de fonte et d'acier au sein des différents ateliers : agglomération de minerai, haut-fourneau, aciérie à l'oxygène.

Le facteur d'émission, issu du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1135], couvre l'ensemble des procédés {agglomération de minerai, haut-fourneau, aciérie à l'oxygène}. Il est appliqué à la production nationale d'acier dans les sites intégrés (aciérie à l'oxygène).

##### ➤ ***Emissions liées au stockage, manutention et transport de minerai de fer et autres matières***

Les émissions de poussières diffuses et canalisées liées au stockage, à la manutention et au transport de minerai de fer et d'autres matières premières sont incluses dans les déclarations annuelles des exploitants, dont les émissions de poussières sont rapportées en 2C1 et 1A2a (notées « IE » dans les tables NFR pour le secteur NFR 2C7d). Les exploitants indiquent que les émissions diffuses (atelier, parcs matières, manutention, route) sont calculées grâce à des campagnes de mesures et à un logiciel de modélisation basé sur la méthode issue de l'US EPA AP-42.

La réduction des émissions de poussières diffuses est réalisée par pulvérisation d'un produit de laquage sur les tas de matières premières entreposées, mise en place dans les années 2010.

### **4.3.2.2. Production de ferroalliages (NFR 2C2)**

#### **4.3.2.2 Ferro alliages producti on**

La production nationale de ferroalliages est connue via les déclarations annuelles des sites de métropole [19] à partir de 2005 et par d'autres sources d'information avant 2005 [50][418][958].

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission provenant de données des exploitants [19] [50] et de valeurs par défaut.

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO et COVNM**

La production de ferroalliage est potentiellement émettrice de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO et COVNM. Certains de ces polluants apparaissent dans les déclarations annuelles selon les sites [19]. Ils sont également cités dans le Guidebook EMEP/EEA [1087] mais ne sont pas estimés. Ces émissions proviendraient éventuellement des matières premières utilisées, suivant le procédé mis en œuvre, et de la combustion (considérée séparément). Compte tenu du peu d'informations disponibles actuellement, ces émissions sont en cours d'investigation pour déterminer la part exacte provenant du procédé.

#### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Un facteur d'émission moyen est calculé à partir des mesures disponibles depuis 2005 sur les deux sites existants [19].

Compte tenu du nombre limité de producteurs, les données détaillées sont confidentielles.

#### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont estimées grâce à la granulométrie fournie dans le Guidebook EMEP/EEA [1087]. Par hypothèse conservatrice, le facteur d'émission des PM<sub>1,0</sub> est considéré égal à celui des PM<sub>2,5</sub>. Faute de données plus précises de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1087].

#### **Métaux lourds (ML)**

La production de ferroalliages émet des métaux lourds lors de la fusion. Les émissions dépendent beaucoup du type de ferroalliage produit et de la température de fusion.

Un facteur d'émission moyen est calculé à partir des mesures disponibles depuis 2005 sur les deux sites existants en métropole [19].

Compte tenu du nombre limité de producteurs, les données détaillées sont confidentielles.

### **4.3.2.3. Production d'aluminium (NFR 2C3)**

#### **4.3.2.3 Aluminium production**

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

La teneur en soufre des anodes est variable et dépend de la provenance des matières premières utilisées pour leur production, telles que le coke de pétrole ou le brai. Le soufre est émis sous forme de SO<sub>2</sub> lors de la phase d'électrolyse (consommation des anodes). Le calcul du facteur d'émission annuel est basé sur les émissions de SO<sub>2</sub> dans les déclarations annuelles depuis 1994 [19] et sur la production. Le facteur d'émission de 1994 est appliqué aux années antérieures.

**Emissions de NOx**

En ce qui concerne les émissions de NOx, la notation key « IE » est utilisée. Il est difficile de séparer les émissions de combustion des émissions de procédé, donc ces émissions sont incluses dans la catégorie 1A2b. La technologie utilisée dans les fonderies d'aluminium est celle des anodes précuites et les émissions de NOx proviennent principalement de la cuisson des anodes.

**Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM proviennent des déclarations TGAP à partir de 1995, puis des déclarations annuelles [19] à partir de 2003. Entre 2007 et 2010, pour les sites dont les données manquent, les émissions sont calculées à partir des mesures ponctuelles de concentration fournies par les exploitants [222], des débits volumiques des effluents et des temps de fonctionnement des unités de production. Le facteur d'émission de 1995 est appliqué aux années antérieures.

Les déclarations des exploitants reposant sur des mesures ponctuelles des rejets de COVNM, donc les résultats d'émission peuvent être très fluctuants, selon la marche opérationnelle de l'installation au moment de la mesure.

**Emissions de CO**

Faute de données disponibles dans les déclarations annuelles, le facteur d'émission du CO provient du Guidebook EMEP/EEA [1079].

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

La production d'aluminium de première fusion émet des particules, principalement des poussières d'alumine et de cryolithe. Les émissions de particules sont déterminées à partir de communications avec la profession pour les années 1990 à 1998 [222] et tirées des déclarations annuelles de rejets à partir de 2002 [19]. Les facteurs d'émission des années intermédiaires sont interpolés.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

La granulométrie, qui correspond à un pourcentage des TSP, est issue du Guide EMEP/EEA 2019 [1079] et appliquée aux émissions de TSP. Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les PM<sub>1,0</sub> est supposé identique à celui des PM<sub>2,5</sub>. Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1079] pour la production d'aluminium primaire.

**Métaux lourds (ML)**

La production d'aluminium de première fusion émet l'ensemble des métaux lourds inventoriés dans le SNIEBA. Ces composés sont présents à l'état de traces dans l'alumine et le fluorure d'aluminium et sont émis lors de la phase d'électrolyse.

La méthodologie d'estimation des émissions de métaux lourds est en partie basée sur des facteurs d'émission provenant de la littérature [70]. Les métaux lourds étant majoritairement présents sous forme particulaire, les facteurs d'émission varient dans le temps pour prendre en compte les efforts de réduction des émissions de particules.

**Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Il est difficile de séparer les émissions de combustion des émissions de procédé, donc les émissions de PCDD-F sont incluses dans la catégorie 1A2b.

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions sont déterminées pour cinq HAP (FluorA, BaA, BkF, BaP, BghiPE) dont les facteurs d'émission proviennent de l'étude AER [188]. Les émissions des HAP BbF et IndPy sont estimées grâce aux facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP/EEA 2019 pour le niveau 2 (Tier 2) pour les anodes pré-cuites [1079].

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Il n'y a pas d'émission de PCB attendue pour cette activité.

#### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Il est difficile de séparer les émissions de combustion des émissions de procédé, donc les émissions de HCB sont incluses dans la catégorie 1A2b.

Il convient de noter que les émissions liées à la production d'aluminium secondaire sont traitées en section 1A2b.

### **4.3.2.4. Production de magnésium (NFR 2C4)**

#### **4.3.2.4 Magnésium production**

En ce qui concerne les émissions de polluants liées à la production de magnésium, la notation key « IE » est utilisée. Les émissions et la méthodologie de calcul sont donc rapportées dans le NFR 1A2b.

### **4.3.2.5. Production de zinc (NFR 2C6)**

#### **4.3.2.5 Zinc production**

Les émissions de polluants atmosphériques liées à la production de zinc de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>nde</sup> fusion sont incluses dans la section 1A2b - primary lead & zinc et 1A2b - secondary lead & zinc.

### **4.3.2.6. Production de nickel (NFR 2C7b)**

#### **4.3.2.6 Nickel production**

La production métropolitaine est connue via la déclaration annuelle du site producteur [19]. Au cours du procédé, du nickel, des COVNM et des particules sont émis.

#### **Emissions de COVNM**

Le facteur d'émission des COVNM en métropole est calculé sur la base de la déclaration de rejets annuels [19]. Les données détaillées ne sont pas communiquées pour cause de confidentialité.

Les émissions du site situé en Nouvelle-Calédonie sont estimées à partir de sa production et de données locales confidentielles qui permettent de calculer un facteur d'émission spécifique.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

De 1990 à 2002, les émissions de particules pour la métropole sont calculées sur la base d'un facteur d'émission moyen issu de la littérature [49]. A partir de 2003, les facteurs d'émission sont basés sur les déclarations annuelles de rejets [19].

Compte tenu du nombre limité de producteurs, les données détaillées sont confidentielles.

Les émissions du site situé en Nouvelle-Calédonie sont estimées à partir de sa production et de données locales confidentielles qui permettent de calculer un facteur d'émission fixe.

#### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $PM_{1,0}$**

La granulométrie appliquée pour la métropole et l'outre-mer est issue de la même source que le facteur d'émission des TSP [49]. Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les  $PM_{1,0}$  est supposé identique à celui des  $PM_{2,5}$ . Sans précision de la part de l'exploitant, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ . Ce ratio est estimé négligeable pour la production de nickel car non estimé dans le Guidebook EMEP/EEA [1088].

#### **Métaux lourds (ML)**

La production de nickel émet du nickel. Depuis 2001, le facteur d'émission pour la métropole est calculé sur la base des émissions figurant dans les déclarations annuelles [19]. Pour les années antérieures à 2001, faute de données disponibles, le facteur d'émission par défaut proposé par le Guidebook EMEP/EEA [1088] est appliqué.

Compte tenu du nombre limité de sites, le détail des données est confidentiel.

### **4.3.2.7. Production d'autres métaux (NFR 2C7c)**

#### **4.3.2.7 Other metal production**

Les émissions de plomb et de poussières de ces sites, liées au broyage de batteries, sont déterminées à partir des déclarations annuelles de rejets [19] (les émissions liées à la production de plomb sont traitées en section 1A2b). Pour des raisons de confidentialité, dues au faible nombre de sites impliqués dans le broyage de batteries, les facteurs d'émission associés ne peuvent être affichés.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de particules totales des sites concernés sont disponibles dans les déclarations annuelles des rejets [19]. Dans le cas où la donnée n'est pas disponible dans les déclarations annuelles, les émissions de poussières par site sont calculées à partir d'une corrélation avec l'évolution des émissions de plomb. Pour des raisons de confidentialité, dues au faible nombre de sites concernés, les facteurs d'émission de plomb associés ne peuvent être publiés.

#### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $PM_{1,0}$**

La granulométrie n'est pas indiquée dans les déclarations annuelles et il existe peu d'informations spécifiques au broyage de batteries dans la littérature. Les émissions de  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  sont déterminées à partir des émissions de TSP et de ratios granulométriques calculés à partir de la section 2C, du Guidebook EMEP/EEA 2019, relative à la production du plomb [1078]. Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables). Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les  $PM_{1,0}$  est supposé identique à celui des  $PM_{2,5}$ .

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ , ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1079]. La valeur retenue est la même que celle utilisée dans la section relative à la production de plomb primaire et secondaire.

#### **Métaux lourds (ML)**

Seul le plomb est émis en quantité significative sous forme particulaire par le procédé de broyage de batteries.

Les émissions de plomb des sites concernés sont disponibles dans les déclarations annuelles des rejets [19]. Pour des raisons de confidentialité, dues au faible nombre de sites concernés, les facteurs d'émission de plomb associés ne peuvent être affichés.

### 4.3.3 Incertitudes

#### 4.3.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 4.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 4.3.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

### 4.3.5 Recalculs

#### 4.3.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Les recalculs par sous-secteurs (2C1, 2C2, 2C3, 2C4, 2C5, 2C6, 2C7) sont présentés ci-dessous :

Tableau 99 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2C

<b>2C1- Iron and steel production</b>	
Aciéries électriques : modification de la production d'acier d'un site en 2010, d'un autre site en 2011, et de deux autres sites en 2017. Cela impacte tous les polluants pour ces années.	
Laminaires : la production de laminés est basée sur la production d'acier (procédés électrique et oxygène), or les productions d'acier au four électrique ont été modifiées. Cela impacte tous les polluants en 2010, 2011 et 2017. Par ailleurs, la répartition des émissions entre laminage à chaud et laminage à froid est basée sur une moyenne 2008-2013, qui prend en compte les productions de laminés. Comme les données de production des aciéries électriques ont changé, cela a un léger impact sur cette moyenne, qui est ensuite reprise pour chaque année après 2013. Cela impacte tous polluants sur les années 2014-2021.	
<b>2C2 - Ferroalloys production</b>	
As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>1,0</sub> , BC et Zn	La mise à jour des facteurs d'émission pondérés est directement liée aux émissions déclarées chaque année par les exploitants. Elle est donc annuelle et impacte toute la série. Les émissions de As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, BC, Zn, TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> et PM <sub>1,0</sub> de 2022 impacte toute la série car un facteur d'émission moyen est calculé pour ces polluants sur les années 2005-2021.
<b>2C3 - Aluminium production</b>	
Une légère modification des émissions de NMVOC 2018-2021 est due à une erreur dans la formule, qui a été corrigée.	
<b>2C4 - Magnesium production</b>	
Pas de recalculs	
<b>2C6 - Zinc production</b>	
Pas de recalculs	
<b>2C7b - Nickel production</b>	

Pas de recalcul
<b>2C7c - Other metal production</b>
Pas de recalculs

### 4.3.6 Améliorations envisagées

#### 4.3.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Une mise à jour du facteur d'émission de SO<sub>x</sub> dans le secteur de la production de nickel pourra être envisagée. L'origine des minerais utilisés ainsi que celle des émissions de soufre est à approfondir auprès de la profession. Les exploitants indiquent que les émissions de SO<sub>x</sub> issues de leur procédé de production sont négligeables. L'historique de l'absence d'émissions de SO<sub>x</sub> depuis 1990 sera approfondi auprès des exploitants.

## 4.4 Utilisation de solvants et de produits chimiques (NFR 2D3)

### 4.4 Solvent and chemical product use

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 2D3 est source clé :

Tableau 100 : Polluants pour lesquels le secteur 2D3 est source clé

Sous-secteur	Polluant	Niveau		Evolution	
		Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
2D3a	COVNM	3	17,0%	6	3,0%
2D3a	Hg	8	5,1%		
2D3d	COVNM	5	7,2%	3	8,6%
2D3e	COVNM			5	3,0%

### 4.4.1 Caractéristiques de la catégorie

#### 4.4.1 Main features

#### 4.4.1.1 Usages domestiques de solvants (NFR 2D3a)

##### 4.4.1.1 Domestic solvent use including fungicides

Les activités prises en compte dans cette catégorie sont : les usages domestiques de solvants (hors produits pharmaceutiques), l'utilisation domestique de produits pharmaceutiques, la consommation de gel hydroalcoolique, en raison de la crise Covid-19, et la gestion en fin de vie des ampoules contenant du mercure. Cette dernière activité explique l'importance de cette rubrique en termes d'émissions de mercure.

Une méthode nationale a été définie sur la base du contenu en Hg de divers types d'ampoules en contenant en lien avec la réglementation récente sur les teneurs autorisées par la réglementation.

On distingue trois types d'ampoules contenant du mercure :

- Les tubes **fluorescents** sont apparus dans les années 50. En 1990, ils étaient couramment utilisés dans le secteur tertiaire (59% de la consommation d'électricité du tertiaire en 1990) et très utilisés dans l'industrie (84% de la consommation d'électricité de l'industrie en 1990).
- Les **lampes fluorescentes compactes** (LFC) fonctionnent sur le même principe que les tubes fluorescents. Les lampes fluorescentes compactes sont apparues dans les années 80 mais n'étaient



pas encore utilisées dans le résidentielle en 1990. Elles sont employées essentiellement dans le résidentiel.

- Les autres **lampes à décharge** (de haute intensité lumineuse) sont destinées à l'éclairage public

Le mercure, concentré dans la matrice de poudre de phosphore, est présent en faible quantité (quelques mg) dans les ampoules sous ses trois états d'oxydation Hg (métal et vapeur), Hg<sup>+</sup> et Hg<sup>2+</sup>.

Les tubes fluorescents et les lampes fluorescentes compactes sont considérés dans l'inventaire français. Les lampes à décharges (lampes à vapeur de mercure haute pression, les lampes aux halogénures métalliques et les lampes sodium haute pression) contiennent aussi du mercure et même parfois dans des quantités plus importantes mais ne sont pas considérées, ce qui reste cohérent avec les Lignes Directrices EMEP/EEA 2016 [976] qui ne considèrent que les émissions correspondant à la casse des tubes fluorescents.

On considère dans la méthodologie nationale que les ampoules en fin de vie non recyclées finissent cassées que ce soit lors du transfert des points de collecte vers les points de recyclage (l'US-EPA considère que 3 à 5% des ampoules collectées sont ainsi cassées), soit dans les décharges quand elles n'ont pas été collectées sélectivement.

Le nombre annuel d'ampoules en fin de vie est estimé sur la base de données relatives au nombre d'ampoules vendues annuellement, disponible dans les rapports annuels de l'éco-organisme RECYCLUM<sup>12</sup> [977] depuis 2004, et de la durée de vie moyenne des ampoules (6 ans pour les LFC et 3 ans pour les tubes). Ces données sont transmises pour le territoire métropolitain. Concernant les territoires ultramarins (DROM et COM), les émissions sont estimées au prorata de la population.

#### 4.4.1.2. Recouvrement des routes par l'asphalte (NFR 2D3b)

##### 4.4.1.2 Asphalt paving

Cette section concerne les émissions de COVNM, de HAP et de dioxines/furanes engendrées par le dépôt de bitume sur les routes.

Le recouvrement des routes peut se faire au moyen de deux matériaux : d'une part, l'asphalte (utilisé comme liant) et, d'autre part, les gravillons. Suivant que le recouvrement s'effectue avec ou sans gravillon, les quantités d'asphalte utilisées seront différentes.

Le dépôt de bitume sur les routes engendre des émissions de COVNM, de HAP et de dioxines/furanes. Aucune émission directe de gaz à effet de serre n'est induite. Les émissions de poussières sont déjà comptabilisées dans la section 1A2g relative à la production d'enrobés.

#### 4.4.1.3. Matériaux asphaltés pour toiture (NFR 2D3c)

##### 4.4.1.3 Asphalt roofing

Cette section concerne les émissions liées à l'activité de la production de matériaux asphaltés pour la toiture. La fabrication et la pose de bardeaux et autres matériaux asphaltés engendre des émissions de COVNM, de CO et de poussières.

#### 4.4.1.4. Application de peinture (NFR 2D3d)

##### 4.4.1.4 Coating application

Cette section concerne toutes les activités consommatrices de peintures dans l'industrie (i.e. construction de véhicules automobiles, réparation de véhicules, bâtiment et construction, pré

<sup>12</sup> RECYCLUM : éco-organisme français en charge de la filière Responsabilité Elargie du Producteur (REP) dédiée aux déchets d'électronique

laquage, construction de bateaux et autres applications industrielles de peinture) et l'utilisation domestique de peintures.

#### 4.4.1.5. Dégraissage (NFR 2D3e)

##### 4.4.1.5 Degreasing

Cette section correspond à toutes les activités consommatrices de solvants pour le nettoyage des surfaces. Elle ne couvre pas l'usage domestique de solvants de nettoyage.

Ce secteur est caractérisé en partie par l'emploi de solvants chlorés et est essentiellement émetteur de COVNM. L'activité de nettoyage de surface entre dans un processus de production mais n'est pas une activité industrielle à part entière. Elle se retrouve dans de nombreux secteurs industriels comme une simple étape du processus de fabrication. La réduction des émissions est liée notamment à l'emploi de machines hermétiques pour les usages de trichloroéthylène, qui augmente le taux de recyclage des produits.

#### 4.4.1.6. Nettoyage à sec (NFR 2D3f)

##### 4.4.1.6 Dry cleaning

Ce secteur est caractérisé en partie par l'emploi de solvants chlorés et est essentiellement émetteur de COVNM. Le secteur du nettoyage à sec touche principalement de petites installations situées en zone urbaine et dans les centres commerciaux. Quelques grandes installations industrielles réalisent cette activité. Le perchloroéthylène, composé organique volatil halogéné classé avec une mention de danger H351 (effet cancérigène suspecté), a été le solvant le plus employé dans ce secteur. Cependant, l'arrêt de l'utilisation du perchloroéthylène dans les locaux contigus à des locaux occupés par des tiers a été mis en place selon un échéancier évolutif du 1er mars 2013 au 1er janvier 2022 [750]. Par conséquent, la consommation de perchloroéthylène pour le nettoyage à sec a fortement chuté de ce fait.

#### 4.4.1.7. Fabrication et mise en œuvre de produits chimiques (NFR 2D3g)

##### 4.4.1.7 Chemical products

Cette section comprend la mise en œuvre du polyester, du polychlorure de vinyle (PVC), du polyuréthane (PU), de mousse de polystyrène (PS) et de caoutchouc ainsi que la fabrication de produits pharmaceutiques, supports adhésifs et autres produits chimiques, peintures, encres et colles.

L'ennoblissement textile et le tannage du cuir sont supposés négligeables soit de par le faible niveau d'activité, soit du fait de l'absence d'information. La fabrication de mousse engendre également des émissions de gaz fluorés qui sont traitées dans la section 2F2 relative aux mousses isolantes.

#### 4.4.1.8. Imprimerie (NFR 2D3h)

##### 4.4.1.8 Printing

Pour les secteurs de l'imprimerie (i.e. offset avec sécheur, édition, emballages souples et emballages métalliques), les activités proviennent des statistiques de production d'encre [111] qui sont traitées afin d'obtenir les consommations françaises. Les déclarations annuelles des industriels sont aussi considérées afin de prendre en compte les techniques mises en place spécifiquement pour réduire les émissions [19]

#### 4.4.1.9. Autres utilisations de solvants (NFR 2D3i)

##### 4.4.1.9 Other solvent use

Dans cette catégorie, les activités de préservation du bois, d'extraction d'huiles comestibles et non comestibles, d'application de colles, d'élimination de la cire de protection sur les véhicules neufs et d'enduction de fibres de verre et de fibres minérales (roche et laitier) sont considérées.

L'activité du secteur de l'extraction d'huiles comestibles et non comestibles est basée sur les données fournies par PROLEA jusqu'en 2004 [124], puis sur les déclarations annuelles des industriels à partir de 2004 [19].

Pour les secteurs de la protection du bois, de l'application de colles et de l'enduction de fibres de verre et de fibres minérales, les consommations des différents produits ainsi que leurs caractéristiques sont déduites des données fournies par les industriels [19, 50 et 111].

## 4.4.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 4.4.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/omine/>.

#### 4.4.2.1. Usages domestiques de solvants, dont les fongicides (NFR 2D3a)

##### 4.4.2.1 Domestic solvent use including fungicides

Pour le secteur de l'usage domestique de solvants (hors produits pharmaceutiques), l'activité provient des productions [1172], des imports et des exports [685] permettant de déduire les consommations des différents produits domestiques.

Pour le secteur de l'usage domestique de produits pharmaceutiques, l'activité est représentée par la population [96].

L'activité de consommation de gel hydroalcoolique a également été ajoutée en raison de la crise Covid-19.

#### **Emissions de COVNM**

##### a/ Usages domestiques de solvant (hors produits pharmaceutiques)

Les facteurs d'émission sont calculés à l'aide des quantités de produits consommés (production, import, export) et des teneurs en COVNM par catégorie (constantes entre 1990 et 2015, puis de nouvelles données appliquées à partir de 2016).

##### b/ Utilisation domestique de produits pharmaceutiques

Le facteur d'émission de COVNM est calculé sur la base de l'activité en solvants et des émissions de COVNM.

##### c/ Utilisation de gel hydroalcoolique

Les émissions de COVNM liées à l'utilisation de gel hydroalcoolique sont estimées. Celles-ci sont calculées pour l'année 2020 dans un premier temps, année qui correspond à la crise sanitaire où la consommation de gel hydroalcoolique a explosé. Les facteurs d'émission de COVNM par habitant liés à l'utilisation domestique des solvants (y compris l'éthanol) ont été fournis par le Groupe européen de l'industrie des solvants (ESIG) pour les années 2019 et 2020 [1300]. La différence entre ces deux facteurs d'émission multipliée par la population de 2020 [96] représente approximativement les émissions de COVNM liées à l'utilisation de gel hydroalcoolique en 2020. Ensuite, les émissions des gels hydroalcooliques pour les autres années sont estimées sur la base des émissions 2020 et des ratios de changements des données statistiques monétaires relatives aux désinfectants (import, export et production de désinfectants) [1215].

#### Traitement des ampoules contenant du mercure

#### **Métaux lourds (ML)**

##### Mercuré (Hg)

Le FE national a été défini sur la base du contenu en Hg des types d'ampoule selon la réglementation en vigueur lors de leur mise sur le marché.

Comme les LFC sont majoritairement utilisées dans le résidentiel, la teneur moyenne en Hg retenue correspond à celle des ampoules de petite puissance (<50W). Entre 1990 et 2012 la teneur en mercure moyenne de ces ampoules est passé de 20 mg à 2,5 mg.

La teneur en Hg des tubes fluorescents est passé de 43 mg en 1980 à environ 9 mg à partir de 2000.

On considère dans la méthodologie nationale que tout le Hg contenu dans les ampoules cassées (à savoir les ampoules non recyclées qui finissent cassées lors du transfert ou dans les décharges) est émis à l'atmosphère.

Dans les décharges une très faible partie du Hg se retrouve dans les lixiviats et une partie pourrait se retrouver fixée dans le massif par des phénomènes de complexation entre les métaux lourds et les grosses molécules organiques ou adsorption sur des surfaces solides. Cependant on considère que tout le mercure finissant en décharge est émis à l'atmosphère.

Les émissions des autres métaux lourds ne sont pas estimées.

#### 4.4.2.2. Recouvrement des routes par l'asphalte (NFR 2D3b)

##### 4.4.2.2 Asphalt paving

Les émissions sont déterminées à partir de la consommation annuelle de bitume et des quantités d'enrobés fournies par la profession par communication avant 2005[184] et dans une publication annuelle pour les années 2005 et suivantes [715].

La consommation de bitume représente environ 7% de la production d'enrobé.

##### **Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO**

Aucune émission de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ou CO n'est induite par le recouvrement des routes par le bitume.

##### **Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1207].

##### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions de particules totales sont incluses dans la section 1A2g relative à la production d'enrobés. Il n'y a pas d'émissions directes de TSP relatives au recouvrement des routes par le bitume.

##### **Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Les émissions de dioxines/furanes sont déterminées à partir d'un facteur d'émission constant [70].

##### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy).

Les émissions de HAP pour chacune des espèces sont déterminées à partir de facteurs d'émission, spécifiques à chaque composé, issus d'une étude de l'AER [188].

##### **Polychlorobiphényles (PCB) et Hexachlorobenzène (HCB)**

Aucune émission de PCB ou HCB n'est induite par le dépôt de bitume sur les routes.

#### 4.4.2.3. Matériaux asphaltés pour toiture (NFR 2D3c)

##### 4.4.2.3 Asphalt roofing

Les émissions sont estimées à partir du volume de production de matériaux asphaltés, déterminé à partir de la consommation de bitume et d'une teneur moyenne en bitume de 35% dans les bardeaux d'asphaltes [728]. La consommation de bitume pour les matériaux de toiture provient de statistiques européennes [727] à partir de 2008. Avant 2008, cette valeur est recalculée à partir des consommations de bitume dans l'industrie routière données fournies par la profession [184] [715] et

du ratio de consommation de bitume entre les matériaux de toiture et les enrobés routiers sur la période 2008-2015.

#### ***Emissions de CO***

Les émissions de CO sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1089].

#### ***Emissions de COVNM***

Les émissions de COVNM sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1089].

#### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Les émissions de TSP sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1089].

#### ***Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>***

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1089]. Les émissions de PM<sub>1,0</sub> sont calculées à partir d'un facteur d'émission supposé similaire à celui des PM<sub>2,5</sub>. Les facteurs d'émission des PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> contiennent une fraction condensable.

#### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>, ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1089].

#### **4.4.2.4. Application de peinture (NFR 2D3d)**

##### ***4.4.2.4 Coating application***

Pour les secteurs du prélaquage et de la peinture automobile, il existe respectivement une dizaine et une quinzaine d'installations en France pour lesquelles les quantités de solvants mis en œuvre et les émissions associées sont connues à partir des déclarations des industriels [19]. Ces données permettent de prendre en compte les efforts de réduction progressivement mis en place par ces deux secteurs.

Les activités des autres secteurs industriels considérés sont définies à partir des données statistiques de la profession [111] et de données statistiques nationales [684, 685] (productions et imports/exports par type de peinture). Les usines sont trop nombreuses et les activités trop diverses pour les étudier individuellement. Toutefois, l'étude des déclarations de rejets annuels [19] de deux cents entreprises permet d'estimer la part des solvants non émis. Cette proportion est interpolée entre 1995 et 2004, année à partir de laquelle les plans de gestion des solvants deviennent exploitables dans les déclarations.

Les consommations domestiques de peintures sont estimées par le traitement des statistiques de la FIPEC [111] et des statistiques nationales [684, 685]. Les teneurs en solvants des différents produits sont déterminées en collaboration avec les industriels [112].

Les facteurs d'émission sont définis en fonction des concentrations en solvants pour chaque type de peinture. Ces teneurs sont revues régulièrement avec la profession pour prendre en compte l'évolution des contenus en solvants, notamment suite à l'application de la Directive 2004/42/CE du 21 avril 2004 relative à la réduction des émissions de COV dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules.

**Emissions de COVNM****a/ Construction de véhicules automobiles**

Seule la fabrication de voitures particulières et d'utilitaires est considérée ici. Les émissions de COVNM dues à la mise en peinture d'autres véhicules (bus, camions et cabines de camions) sont comptabilisées avec les autres applications industrielles de peinture.

Les émissions de COVNM par véhicule produit ont diminué au fil du temps avec la mise en place d'équipements de réduction. Les émissions totales sont extraites directement des déclarations annuelles des industriels [19].

**b/ Prélaquage**

Les déclarations des industriels [19] sont utilisées lorsqu'elles sont disponibles. Pour les années manquantes, des reports des années connues sont effectués. Ces installations sont équipées d'oxydateurs depuis de nombreuses années. Cependant, des fluctuations importantes sont observées au cours du temps. Dans ce secteur, la grande majorité des émissions canalisées sont traitées.

**c/ Application de peinture dans le bâtiment et la construction**

Dans ce secteur, des efforts de réduction des teneurs en solvants dans les peintures ont déjà été réalisés et se poursuivent. Les teneurs en solvants des peintures sont revues régulièrement avec les professionnels du secteur [111, 112]. Les facteurs d'émission varient donc d'année en année, avec une baisse notable à partir de 2007 suite à la mise en œuvre de la Directive 2004/42/CE.

**d/ Réparation automobile**

Dans ce secteur, des efforts de réduction des teneurs en solvants dans les peintures ont déjà été réalisés et se poursuivent. Les teneurs en solvants des peintures sont revues régulièrement avec les professionnels du secteur [111, 112]. Les facteurs d'émission varient donc d'année en année.

Une réduction des consommations de solvants est observée à partir de 2007 avec la mise en œuvre de la Directive 2004/42/CE.

**e/ Marine**

La consommation en solvants de ce secteur est calculée à l'aide des productions de peinture fournies par la FIPEC [111] jusqu'à 2007. A partir de 2008, les données de production n'étant plus disponibles, elles sont estimées à l'aide des évolutions interannuelles des ventes de peintures fournies par la FIPEC [111] et des imports/exports publiées par les douanes [685]. Les teneurs en solvants des peintures sont revues régulièrement avec les professionnels du secteur [111, 112]. Les facteurs d'émission varient donc d'année en année.

**f/ Autres applications industrielles de peintures**

Pour toutes les autres activités, les facteurs d'émission de COVNM sont déduits des consommations de peintures et de leurs teneurs en solvants [111, 684, 685] et du traitement des données disponibles par installation ce qui permet de prendre en compte les techniques de réduction mises en place dans certaines usines [19]. Les facteurs d'émission varient donc en fonction de l'utilisation des divers types de peintures (i.e. peintures à base de solvants, aqueuses ou en poudre).

**g/ Utilisation domestique de peintures**

Les facteurs d'émission de COVNM sont directement déduits des teneurs en solvants dans les produits. Ils évoluent annuellement en fonction des consommations des différents types de produits (produits à base de solvants ou aqueux) [111, 684, 685]. Une baisse notable du facteur d'émission est observée, suite à la mise en œuvre de la Directive 2004/42/CE à partir de 2007.

#### 4.4.2.5. Dégraissage (NFR 2D3e)

##### 4.4.2.5 Degreasing

Pour le dégraissage des surfaces, l'activité correspond aux consommations totales de solvants (neufs + recyclés). Les taux de recyclage et d'émissions des solvants sont connus pour quelques années [113, 683]. Des interpolations sont faites pour les années manquantes.

##### **Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont calculées à partir des taux de recyclage et d'émission des solvants. Ces taux sont revus régulièrement à partir d'informations fournies par la profession [113, 683]. Les émissions sont obtenues directement à partir des consommations et des taux de recyclage et d'émission déterminés.

Depuis 1990, la consommation de solvants est en baisse, grâce à une meilleure maîtrise de l'utilisation des solvants par le développement de machines fermées et par l'utilisation de procédés sans solvant. Les émissions de COVNM associées suivent la même tendance.

#### 4.4.2.6. Nettoyage à sec (NFR 2D3f)

##### 4.4.2.6 Dry cleaning

Pour le nettoyage à sec, le perchloroéthylène (PER) est encore utilisé seulement dans les installations qui se trouvent dans des locaux non contigus. De nouveaux solvants hydrocarbonés commencent à pénétrer le marché français depuis les années 2000 (hydrocarbures, glycol, éther, etc.).

Les consommations de PER pour ce secteur sont déduites des ventes totales en France jusqu'en 2013. A partir de 2014, une estimation des consommations est réalisée en se basant sur la mise en œuvre de l'arrêté d'interdiction d'implantation de nouvelles machines au PER dans les locaux contigus à des commerces ou des habitations (98% des installations) et de l'interdiction totale d'utilisation à partir de 2022 [750]. Trois types de machines sont employés (i.e. machines à circuit ouvert, machines à circuit fermé et machines à circuit fermé nouvelle génération).

##### **Emissions de COVNM**

Des facteurs d'émission de COVNM sont définis pour chaque type de machine (i.e. machines à circuit ouvert et machines à circuit fermé de différentes générations) à partir des données des industriels [113, 683]. Les émissions sont calculées à partir des taux d'usage des différents types de machines qui évoluent d'année en année [114], des facteurs d'émission associés à ces types de machines et de la quantité de vêtements nettoyés à sec.

Les consommations et émissions diminuent du fait, d'une part, d'une utilisation plus répandue de machines à circuit fermé permettant de maîtriser et diminuer l'utilisation de solvants, et d'autre part, de la baisse de la quantité de vêtements nettoyés.

#### 4.4.2.7. Fabrication et mise en œuvre de produits chimiques (NFR 2D3g)

##### 4.4.2.7 Chemical products

Des solvants ou des COVNM ayant certaines caractéristiques physico-chimiques (pentane comme agent d'expansion dans le polystyrène, styrène comme agent réactif de réticulation dans la transformation du polyester) sont utilisés lors de la production de chacun des produits considérés dans cette section.

En ce qui concerne la mise en œuvre de produits chimiques, la production ou la mise en œuvre de polyester, de PVC, de polyuréthane, de mousse de polystyrène, les activités (quantités de produits consommées) proviennent des statistiques nationales de production, de consommation, d'import et d'export [53, 115, 351, 686, 749, 974].



Pour la fabrication d'encre, peintures et colles, la même méthodologie est utilisée. Les données d'activité proviennent des statistiques nationales [111, 351].

En ce qui concerne les productions de pneumatiques et la mise en œuvre de caoutchouc, les activités sont disponibles auprès de la profession [116].

Les consommations de solvants utilisés dans la fabrication de produits pharmaceutiques proviennent d'une enquête auprès des professionnels du secteur [117] et des déclarations annuelles des rejets des industriels [19].

La consommation de solvants utilisés dans la fabrication de supports adhésifs ainsi que les émissions découlent directement du traitement des déclarations annuelles de rejets des industriels [19] (consommation de solvants déclarée ou déduite de la production de l'usine).

En ce qui concerne la fabrication et la mise en œuvre des autres produits chimiques (en chimie fine et parachimie), quatre sous-secteurs sont définis :

- la production de produits à l'origine d'émissions de COVNM de la chimie fine hors pharmacie,
- l'extraction des arômes alimentaires ou de parfumerie,
- la production de savons et détergents à l'origine d'émissions de particules,
- diverses activités difficilement classables dans un secteur particulier.

Pour les procédés émetteurs de COVNM, les émissions sont déterminées à partir des déclarations annuelles de rejets des industriels [19] depuis 2004. Pour les années antérieures, les émissions sont estimées site par site suivant les activités, le niveau observé en 2004 et la mise en place de système de traitement des émissions de COVNM. Pour les procédés émetteurs de particules, les activités proviennent des statistiques publiées par l'UIC [118] et les émissions sont calculées à partir d'un facteur d'émission.

### **Emissions de COVNM**

#### **a/ Mise en œuvre de produits chimiques**

Les facteurs d'émission de COVNM proviennent directement de la littérature ou des professionnels. Pour le polyester et le polyuréthane, les facteurs d'émission proviennent de données internes au Citepa [329]. Pour le polystyrène, le facteur d'émission est issu de résultats du projet EGTEI [121] ainsi que d'une étude du Citepa pour l'AFIPEB [687]. Le facteur d'émission du PVC provient de données statistiques [115, 351].

#### **b/ Fabrication d'encre, peintures et colles**

Les émissions de COVNM sont estimées à partir de facteurs d'émission nationaux : en 1985, un facteur correspondant à 5% des solvants mis en œuvre dans les produits en phase solvant était utilisé [122]. A partir de 1995, ce facteur est estimé à 3,4% [123]. Entre ces deux dates, les facteurs d'émission sont extrapolés. Pour les produits en phase aqueuse, un facteur d'émission équivalent à 3% des solvants mis en œuvre est utilisé.

A partir de 2007, les déclarations annuelles des émissions sont exploitées pour déterminer des facteurs d'émission annuels pour la fabrication de peinture et d'encre [19].

#### **c/ Fabrication de pneumatiques et autres produits en caoutchouc, de supports adhésifs, de produits pharmaceutiques et autres produits chimiques (chimie fine et parachimie)**

Une méthodologie bottom-up est mise en œuvre à partir des déclarations des industriels pour déterminer les émissions [19]. Connaissant les activités, les facteurs d'émission de COVNM sont directement déduits de ces informations et varient d'une année sur l'autre.

Les émissions de COVNM liées à la consommation de gel hydroalcoolique ont été ajoutées. Celles-ci sont estimées à l'aide de données statistiques [685] et [1215], ainsi que d'un facteur d'émission estimé pour le gel hydroalcoolique.

d/ Autres fabrications (chimie fine non pharmaceutique, extraction des arômes et divers autres)

Une méthodologie bottom-up est employée à partir des déclarations des industriels pour déterminer les émissions [19]. Les déclarations sont disponibles depuis 2004. Pour les années antérieures, les émissions de l'année 2004 sont reportées. Compte tenu des consommations de solvants dans ces activités, les déclarations d'émissions sont considérées comme exhaustives. La diminution progressive des émissions s'explique notamment par la baisse de l'activité du secteur.

#### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Il semble qu'il n'y ait pas d'émission de particules provenant de la production de savon mais le procédé de production de détergent par atomisation est source de particules. Un site en France utilise cette technologie.

Les émissions et l'activité de ce site sont connues pour 2006. A partir de ces données, un facteur d'émission a pu être calculé et appliqué pour les années antérieures à 2006. Depuis 2009, les émissions sont déterminées à partir de la déclaration annuelle des rejets de ce site [19].

#### **4.4.2.8. Imprimerie (NFR 2D3h)**

#### **4.4.2.8 Printing**

##### ***Emissions de COVNM***

Cette section comprend plusieurs sous-secteurs, tels que : offset avec sécheur, édition, emballages souples et emballages métalliques.

Pour le secteur de l'édition utilisant les techniques d'héliogravure ou offset avec sécheur, les activités de consommation de solvants dans les encres et les émissions de COVNM proviennent directement de la plateforme de déclaration annuelle des émissions polluantes GERE (méthodologie bottom-up) [19]. Les industriels déclarent sur cette dernière les quantités mises en œuvre et les émissions estimées à l'aide de plan de gestion de solvants (PGS). Cela permet également de prendre en compte les techniques mises en place spécifiquement pour réduire les émissions.

Quant aux autres secteurs, les activités sont déterminées à l'aide des statistiques de production d'encre [111], des importations, exportations (données des douanes) ainsi que des teneurs en solvants fournies par la Fédération des Industries des Peintures, Encres, Couleurs, Colles et adhésifs, Préservation du Bois (FIPEC). Les émissions sont estimées en appliquant un taux de réduction à appliquer aux consommations.

Les facteurs d'émission de COVNM sont déduits des teneurs moyennes en solvants de chaque type d'encre [111] et du traitement des données par installation (lorsqu'elles sont disponibles) afin de prendre en compte les techniques de réduction des émissions mises en place dans certaines usines [19, 125].

#### **4.4.2.9. Autres utilisations de solvants (NFR 2D3i)**

#### **4.4.2.9 Other solvent use**

##### ***Emissions de COVNM***

##### **Élimination de la cire sur les véhicules neufs**

Cette activité n'est pas considérée comme source émettrice de COVNM car d'après les informations transmises [50], la couche de cire est retirée soit mécaniquement, soit avec de la lessive.

### Application de colles

Toutes les applications de colles (industrielles et domestiques) sont concernées ici.

Pour les applications industrielles, une partie des émissions est traitée. Les facteurs d'émission sont déduits des teneurs moyennes en solvants des colles et des déclarations [19].

Pour l'utilisation domestique, les facteurs d'émission de COVNM sont directement déduits des teneurs en solvants dans les produits. Ils évoluent annuellement en fonction des consommations des différents types de produits (produits à base de solvants ou aqueux) [111, 684, 685].

### Extraction d'huiles comestibles et non comestibles

Les émissions de ce secteur sont directement déduites des déclarations annuelles des industriels [19]. Les facteurs d'émission baissent régulièrement suite à l'équipement des usines en systèmes de récupération des solvants.

### Enduction de fibres de verre

Les émissions dues à l'enduction de fibres de verre sont directement déduites des déclarations annuelles des industriels [19]. Le facteur d'émission est déterminé par rapport à la quantité de COVNM mis en œuvre.

### Utilisation domestique de produits pharmaceutiques

Le facteur d'émission de COVNM est calculé sur la base de l'activité en solvants et des émissions de COVNM.

### Destruction des COVNM par oxydateur/incinérateur

Cette activité n'est pas considérée comme source émettrice de COVNM, seul du CO<sub>2</sub> est rapporté pour ce secteur d'activité. Cependant l'activité correspond à une quantité de solvant mis en œuvre.

### Protection du bois

Pour les secteurs de la protection du bois, les consommations des différents produits ainsi que leurs caractéristiques sont déduites des données fournies par les industriels [19, 50 et 111].

Les émissions de COVNM sont déduites directement des consommations des différents produits et de leur teneur en solvants [50]. On estime que tous les solvants s'évaporent à l'atmosphère. Au niveau de l'application de produits de préservation dans l'industrie, il existe une dizaine d'installations consommant des produits solvantés.

### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène, (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy).

Les émissions de HAP dans les secteurs de la protection du bois sont calculées à partir des consommations des produits utilisés [378], au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque type de HAP [941], supposés constants dans le temps.

## 4.4.3 Incertitudes

### 4.4.3 *Uncertainties*

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

#### 4.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

##### 4.4.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

#### 4.4.5 Recalculs

##### 4.4.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5. Les recalculs par sous-secteurs sont présentés ci-dessous :

Tableau 101 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2D3

<b>2D3a - Domestic solvent use including fungicides</b>	
COVNM	Le recalcul est dû à l'utilisation domestique de solvants. la population a été mise à jour pour la période 2018-2021 et des données d'imports-exports pour 2019-2020.
<b>2D3b - Road paving with asphalt</b>	
Pas de recalculs	
<b>2D3c - Asphalt Roofing</b>	
Activité	Le recalcul des émissions est dû à la mise à jour des données de consommation de bitume pour l'année 2020.
<b>2D3d - Coating application</b>	
COVNM	Le recalcul des émissions de COVNM est dû à la mise à jour de la méthodologie de calcul des productions de peintures à partir de 2008.
<b>2D3e - Degreasing</b>	
COVNM	Le recalcul est dû à la mise à jour de la formule de calcul pour 2019.
<b>2D3g - Chemical products</b>	
COVNM	<p>Pour la fabrication de produits pharmaceutiques, le recalcul est dû à la mise à jour des données d'activité et des émissions après l'identification d'anomalies sur GEREPE.</p> <p>Les émissions de COVNM liées à la consommation de gel hydroalcoolique ont été ajoutées sur toute la série temporelle.</p> <p>En ce qui concerne la mise en œuvre de produits chimiques, la production ou la mise en œuvre de polyester, de PVC, de polyuréthane et de mousse de polystyrène, les données d'activité ont été mises à jour.</p>
<b>2D3h - Printing</b>	
COVNM	Le recalcul est dû à la mise à jour des imports et des exports pour 2020.
<b>2D3i - Other solvent use</b>	
HAP	Le recalcul est dû à la préservation du bois : les consommations et émissions ont été mises à jour pour deux sites ne mettant plus en œuvre de créosote. Les facteurs d'émission issus du guide EMEP 2019 ont été appliqués sur toute la série temporelle.

## 4.4.6 Améliorations envisagées

### 4.4.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.2 Améliorations envisagées », et détaillées en Annexe 5.

Pour le recouvrement des routes par l'asphalte (2D3b) et la production des matériaux asphaltés pour toiture (2D3c), afin d'améliorer la précision des émissions de ces sections, une mise à jour des données de consommation de bitume et de sa répartition en fonction des différentes applications est en cours de réflexion.

## 4.5 Autres utilisations de produits (NFR 2G)

### 4.5 Other product use (NFR 2G)

### 4.5.1 Caractéristiques de la catégorie

#### 4.5.1 Main features

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 2G est source clé :

Tableau 102 : Polluants pour lesquels le secteur 2G est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Cd	1	15,6%	-	-
Cr	4	5,5%	-	-
Cu	2	22,7%	2	17,5%
Ni	2	14,1%	-	-
Se	4	4,4%	6	3,5%
Zn	3	10,8%	-	-

Cette catégorie traite des émissions liées à la consommation de tabac et des feux d'artifices.

La consommation de tabac est émettrice des différentes catégories de substances considérées dans les inventaires d'émission exceptés les gaz à effet de serre par suite de l'origine organique du CO<sub>2</sub>. Les dioxines et furanes sont également prises en compte [354, 355].

L'utilisation des feux d'artifices est source de nombreux polluants atmosphériques, tels que les particules, les métaux lourds, ainsi que les polluants acidifiants et photochimiques.

La catégorie 2G contient également les émissions liées à la combustion des huiles 4 temps (usage non énergétique). Pour plus de précision : voir la section 1A3.

### 4.5.2 Méthodes d'estimation des émissions

#### 4.5.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/omine/>.

#### Consommation de tabac

Les émissions sont déterminées à partir de la consommation de tabac [356, 1070, 1071, 1253, 1254, 1267].

#### Utilisation de feux d'artifices

Les émissions sont estimées à partir des données de production, importation et exportation de feux d'artifices en France, disponibles via la base de données *PRODCOM* d'EUROSTAT [1014], selon la formule : **utilisation = production + importation - exportation**.

### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Seule l'utilisation de feux d'artifices est concernée. Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP / CORINAIR [1016].

### ***Emissions de NO<sub>x</sub>***

Seules la consommation de tabac et l'utilisation de feux d'artifices sont concernées. Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP / CORINAIR, respectivement [1015] et [1016].

### ***Emissions de COVNM***

Seule la consommation de tabac est concernée. Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP / CORINAIR [1015].

### ***Emissions de CO***

Seules la consommation de tabac et l'utilisation de feux d'artifices sont concernées. Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP / CORINAIR, respectivement [1015] et [1016].

### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Seule la consommation de tabac est concernée. Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP / CORINAIR [1015].

### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Trois sources sont concernées : l'usure des chaussures, la consommation de tabac et l'utilisation de feux d'artifice. Les émissions dues à la première source sont estimées à partir de facteurs d'émission communiqués lors d'un colloque ATEE-CITEPA [249]. Le facteur d'émission TSP pour l'usage de tabac est issu d'une étude américaine [354] et celui pour l'utilisation de feux d'artifice provient du Guidebook EMEP / CORINAIR [1016].

### ***Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>***

L'hypothèse est faite que l'usure des chaussures génère uniquement des particules de diamètre supérieur à 10 µm. Les particules issues de la consommation de tabac sont quant à elles toutes de diamètre inférieur à 1 µm selon la revue scientifique ES&T [250]. Les émissions de PM<sub>10</sub> et de PM<sub>2,5</sub> sont renseignées pour l'utilisation de feux d'artifice et le facteur d'émission est tiré du Guidebook EMEP / CORINAIR [1016].

### ***Métaux lourds (ML)***

Concernant la consommation de tabac, les émissions de cuivre, nickel et zinc sont déterminées à partir des facteurs d'émissions issus de la dernière édition du Guidebook EMEP [1015]. Les émissions d'arsenic, de cadmium et de plomb sont estimées à partir des facteurs d'émissions provenant d'une étude américaine [1017]. Faute de facteurs d'émissions estimés dans la dernière version du Guidebook EMEP, les émissions de chrome et de mercure sont déterminées avec les facteurs d'émissions d'une version antérieure [1018].

Les émissions de l'utilisation de feux d'artifices sont estimées à partir des facteurs d'émissions issus du Guidebook EMEP [1016].

**Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Faute d'informations suffisantes, seule la consommation de tabac est renseignée dans cette section pour les émissions de dioxines et furanes. Ces émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus du PNUE substances chimiques [355].

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy).

Faute d'informations suffisantes, seule la consommation de tabac est renseignée dans cette section pour les émissions de HAP qui sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus de l'EMEP Guidebook [1015].

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces polluants.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Il n'y a pas d'émission attendue de ce polluant.

**4.5.3 Incertitudes****4.5.3 Uncertainties**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

**4.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)****4.5.4 QA/QC**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

**4.5.5 Recalculs****4.5.5 Recalculations**

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5. Les recalculs pour le sous-secteur 2G sont présentés ci-dessous :

Tableau 103 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2G

<b>2G - Other product use</b>	
Données d'activité	<b>Feux d'artifices</b>
	Très légers recalculs associés à la mise à jour de la population pour la période 2019 à 2021.
	Prise en compte des données consolidées Eurostat relatives aux productions, exports et imports pour l'année 2021.
	<b>Tabac</b>

	Pas de changements.
SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, PM, métaux lourds (sauf Se)	<b>Feux d'artifices</b> Mise à jour des émissions suite modification des données d'activité. <b>Tabac</b> Modification des FE pour le Ni, le Zn et le Cu. Avant cette édition, les FE provenaient de EMEP 2016 dans lequel les FE étaient en g/Mg de tabac. Or depuis EMEP 2019 (valable aussi dans EMEP 2023) les FE de ces substances sont en µg/cigarette. Cette modification conduit à une hausse de 35% des émissions pour ces substances.
Tous polluants	Combustion des huiles moteurs du routier : nouvelles motorisations et donc redistributions des consommations d'huile entre les véhicules. Cf. 1A3b Combustion des huiles moteurs du maritime à partir des caractéristiques des navires (cf 1A3d).

#### 4.5.6 Améliorations envisagées

##### 4.5.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Aucune amélioration n'est envisagée sur ce secteur 2G.

#### 4.6 Autres productions (NFR 2H)

##### 4.6 Other productions (NFR 2H)

##### 4.6.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 4.6.1 Main features

En 2022, le secteur 2H2 est une catégorie clé en niveau pour les COVNM.

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
COVNM/NMVOCs	6	3,3%	-	-

##### 4.6.1.1 Papier (NFR 2H1)

##### 4.6.1.1 Pulp and paper industry

Les données de production de pâte à papier sont disponibles à travers les statistiques annuelles de la Fédération COPACEL [924] pour la production de pâte avec le procédé kraft et des déclarations du site de production [19] pour la production avec le procédé bisulfite. Il ne reste plus qu'un site produisant avec le procédé bisulfite (la production est donc une information confidentielle). La production du procédé mi-chimique est issue de la base de données FAO [1050] jusqu'à 2009, date à laquelle la dernière installation utilisant le procédé mi-chimique a cessé son activité.

##### 4.6.1.2 Industries agroalimentaires (NFR 2H2)

##### 4.6.1.2 food and drink industry

Les activités liées à l'agroalimentaire sont dispersées dans de très nombreuses installations aux tailles diverses, elles génèrent principalement des émissions de COVNM et de particules, le plus souvent estimées à partir des niveaux de production.



***Production de pain***

La fabrication de pain implique une fermentation des sucres de la farine par les levures à l'origine d'émissions de COVNM (principalement de l'éthanol). La fabrication annuelle de pain en France est estimée à partir des informations fournies dans les fiches statistiques de l'ANMF (Association nationale de la meunerie française) [494], des Études Individuelles Nationales des Consommations Alimentaires (INCA1 [495] et INCA2 [496]), des informations transmises par la Confédération Nationale de la Boulangerie [108] et des statistiques de l'AGRESTE [698].

***Production de vin***

Les volumes de production des différents types de vins proviennent des statistiques agricoles annuelles [85].

***Production de bière***

La production annuelle de bière (y compris non-alcoolisée) est fournie par les statistiques sur les industries agro-alimentaires de l'AGRESTE [698] et complétée pour les années les plus récentes par les données publiées par « Brasseurs de France » [578]. Les émissions ont lieu en particulier lors de la germination et du rôtissage des grains (phase de conversion de l'orge), la fermentation, mais également lors des manipulations des matières premières au cours des différentes phases du procédé.

***Production d'alcools***

Cette sous-catégorie rassemble la production des alcools autres que les vins et les bières : spiritueux, liqueurs, apéritifs à base de vin, eaux de vie par fermentation de fruits, eaux de vie de vin (Cognac, Armagnac), cidre, Whisky et autres alcools (vodka, etc.). Les productions sont fournies par les statistiques sur les industries agro-alimentaires de l'AGRESTE [698]. Les procédés diffèrent entre les divers produits et les émissions sont estimées séparément pour les eaux de vie par fermentation de fruits et les autres. A noter que la fabrication d'alcool industriel pur, qui a lieu dans les sucreries industrielles qui font également de la distillerie, n'est pas pris en compte ici. Une première étude des déclarations de ces sites industriels montre un niveau d'émissions de COVNM relativement bas qui mériterait néanmoins d'être inclus.

***Manutention de céréales***

La manipulation des céréales (stockage, transport, séchage) engendre des émissions de particules. Ces émissions sont estimées à partir des quantités de céréales collectées dont les tonnages sont évalués dans le cadre du projet CORTEA EMICER [699]. Pour les années où cette donnée manque, l'activité est extrapolée avec les tendances de productions de céréales fournies par les statistiques agricoles annuelles [85] : afin d'estimer les quantités de céréales collectées, on applique le ratio quantité de céréales collectées / quantité de céréales produites pour des années connues (78% en moyenne sur la période).

***Production de sucre***

La fabrication du sucre est à l'origine de rejets de particules et de COVNM. Ces émissions sont estimées sur la base de la production de sucre fournie par les statistiques sur les industries agro-alimentaires de l'AGRESTE [698] et de l'association Cultures Sucre qui regroupe les planteurs de betterave sucrière et les fabricants de sucre français [1276].

***Production de farine***

La fabrication de farine est à l'origine de rejets de particules. Ces émissions sont estimées sur la base de la production de farine fournie par les statistiques sur les industries agro-alimentaires de l'AGRESTE [698].

**Fumage de viande**

Le fumage de viande est à l'origine de rejets de particules, CO, COVNM et dioxines. Ces émissions sont estimées sur la base de la production de viandes et de poissons fumés fournie par les statistiques sur les industries agro-alimentaires de l'AGRESTE [698].

**4.6.1.3. Autres productions (NFR 2H3)****4.6.1.3 Other products**

- **Fabrication d'accumulateurs**

Cette section concerne les émissions de plomb et de poussières liées à la fabrication d'accumulateurs. La partie relative aux émissions provenant de la combustion dans les installations de production est traitée dans la section générale 1A2.

Depuis 2013, il n'existe plus que 2 usines de fabrication d'accumulateurs au plomb en France. A noter une évolution importante de cet effectif à la suite de la fermeture de 3 usines en 2009, et à la fermeture d'une quatrième en 2013.

- **Equipement de réfrigération**

Ce secteur couvre les équipements de réfrigération et d'air conditionné utilisant des fluides autres que les halocarbures utilisés dans les équipements de réfrigération et d'air conditionné. L'ammoniac est le principal fluide frigorigène pris en compte dans cette catégorie, utilisé essentiellement en industrie agroalimentaire en France. Les hydrocarbures sont également pris en compte, en tant que COVNM.

Trois types d'activité peuvent être considérées :

- le marché neuf de fluides pour les équipements mis sur le marché, auquel se rapportent les émissions à la charge ;
- la banque, correspondant aux quantités totales de fluides frigorigènes contenues dans les équipements de réfrigération formant le parc d'installations en France, à laquelle se rapportent les émissions fugitives ;
- les quantités contenues dans les équipements parvenant en fin de vie, auxquelles se rapportent les émissions de fin de vie.

Jusqu'à présent, c'est la banque, considérée comme la plus significative, qui constitue la donnée d'activité. Il est considéré la banque de l'ensemble des sous-secteurs du froid et de la climatisation qui contiennent des réfrigérants autres que les HFC. Les fluides frigorigènes pris en compte sont ici l'ammoniac, l'isobutane et le pentane.

L'ammoniac est principalement utilisé dans les applications industrielles du froid comme l'agroalimentaire ou les entrepôts frigorifiques.

L'isobutane est, quant à lui, utilisé dans la réfrigération domestique et dans les petits équipements de froid commercial.

Le propane est également utilisé dans certains équipements hermétiques de froid commercial, climatiseurs portables ainsi que les pompes à chaleur.

**4.6.2 Méthodes d'estimation des émissions****4.6.2 Methods for estimating emissions**

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/omine/>.

#### 4.6.2.1. Papier (NFR 2H1)

#### 4.6.2.1 Pulp and paper industry

##### Emissions de SO<sub>2</sub>

Dans les dernières lignes directrices de reporting CLRTAP (ECE/EB.AIR/125 Mars 2014), une évolution du périmètre "obligatoire" des SO<sub>x</sub> est réalisée. En effet, il est indiqué : *"The substances for which there are existing reporting obligations in the Convention and the protocols as further specified by Executive Body decision 2013/4, include: "Sulphur" (SO<sub>x</sub>), which means all sulphur compounds expressed as sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) (including sulphur trioxide (SO<sub>3</sub>), sulphuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), and reduced sulphur compounds, such as hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S), mercaptans and dimethyl sulphides, etc.)"* alors que dans la précédente version des lignes directrices de reporting CLRTAP de 2009 (ECE/EB.AIR/97, 27 January 2009), il était mentionné : *"Sulphur oxides (SO<sub>x</sub>) means all sulphur compounds, expressed as sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>). The major part of anthropogenic emissions of sulphur oxides to the atmosphere is in the form of SO<sub>2</sub> and, therefore, emissions of SO<sub>2</sub> and sulphur trioxide (SO<sub>3</sub>) should be reported as SO<sub>2</sub> in mass units. Emissions of other sulphur compounds such as sulphate, sulphuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and non-oxygenated compounds of sulphur, e.g. hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S), are less important than the emissions of sulphur oxides on a regional scale. However, they are significant for some countries. Therefore, Parties are also recommended to report emissions of all sulphur compounds as SO<sub>2</sub> in mass units."*

Ainsi, avec le nouveau Protocole de Göteborg et la nouvelle directive NEC, la prise en compte des autres composés soufrés (autres que SO<sub>2</sub>/SO<sub>3</sub>) qui était seulement recommandée, est devenue obligatoire à rapporter dans les SO<sub>x</sub>. Il y a donc bien lieu d'ajouter le SO<sub>2</sub> lié à l'oxydation du H<sub>2</sub>S pour l'industrie de la pâte à papier.

Pour la production de pâte à papier kraft, le Guidebook EMEP 2016 [925] propose un facteur d'émission Tier 2 (table 3.2) de 2 kg SO<sub>2</sub>/t pâte. Cette valeur provient du document BREF de 2001 (document de référence sur les meilleures techniques disponibles). Cette donnée était donc applicable pour les années antérieures à 2001.

Pour l'année 2016, en accord avec la fédération COPACEL, les données provenant du dernier BREF papetier de 2015 [926/927] sont prises en compte. Il s'agit des émissions diffuses (car les émissions canalisées sont comptabilisées avec la combustion de liqueur noire dans le chapitre 1A2 - Industrie manufacturière) dont une méthode de quantification est proposée dans le chapitre « 2.2.2.2.6 Measurement of diffuse emissions in kraft pulp mills » du BREF papetier de 2015 [926/927]. Cette méthode a été appliquée à 4 sites papetiers suédois, dont les résultats sont présentés dans la table 2.8, et indique un facteur d'émission moyen de du facteur d'émission de SO<sub>2</sub> associé aux chaudières à liqueur noire et aux fours à chaux. Le facteur d'émission est de 0,29 kg S/t pâte (somme du facteur d'émission pour les chaudières de récupération de 0,17 kg S/t pâte (valeur maximale) et pour les fours à chaux de 0,12 kg S/t pâte) soit 0,58 kg SO<sub>2</sub>/t pâte.

Pour déterminer le facteur d'émission entre 2002 et 2017, les facteurs d'émission sont interpolés linéairement.

De plus, le Guidebook EMEP 2016 [925] pour la production de pâte bisulfite fournit un facteur d'émission dans le cas de la production de pâte sulfite magnésium. En France, il n'existe qu'un seul site de production de pâte bisulfite. Ce site fabrique de la pâte bisulfite d'ammonium. La valeur du Guidebook EMEP ne s'applique donc pas. De plus, dans les conclusions des MTD (Meilleures techniques disponibles) [927], pour la production de pâte bisulfite, aucun facteur d'émission n'est indiqué.

Ainsi, seules les émissions de SO<sub>2</sub> liées à la production de pâte à papier kraft sont estimées pour la France. Les facteurs d'émission de SO<sub>2</sub> sont présentés dans la base de données OMINEA.

**Emissions de COVNM**

La matière première nécessaire à la production de pâte à papier étant le bois, des émissions de COVNM sont causées par les étapes d'écorçage, de manutention du bois, de cuisson du bois et dans les chaudières de recyclage et évaporateurs. Le Guidebook EMEP fournit 3 facteurs d'émission pour la production de pâte à papier suivant le procédé kraft, le procédé bisulfite et mi-chimique [925]. Ces facteurs d'émission sont utilisés pour toute la série temporelle.

**Emissions de poussières, CO et NOx**

Les émissions de poussières (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, BC), de CO et de NOx sont attribuables à la combustion de liqueur noire et comptabilisées dans le chapitre 1A2 - Industrie manufacturière.

**4.6.2.2. Industries agroalimentaires (NFR 2H2)****4.6.2.2 food and drink industry****Emissions de COVNM**Production de pain

Le facteur d'émission provenant du guide EMEP EEA 2019 [1169] pour la catégorie de pain dite « typique » pour l'Europe est corrigé par le CITEPA pour prendre en compte tous les COVNM, il est ainsi estimé à 4,7 kg COVNM / tonne de pain.

Production de vin

Les facteurs d'émission sont spécifiques des régions et de la qualité des vins. Les facteurs d'émission moyens sont calculés à partir des informations disponibles dans la référence [109]. Ils varient suivant les années entre 30 et 38 g COVNM / hl pour les vins blancs (incluant les eaux de vie issues de vin) et entre 75 et 80 g COVNM / hl pour les vins rouges.

Production de bière

Les émissions de COVNM ont lieu en particulier lors de la germination, du rôtissage des grains et de la fermentation. Le facteur d'émission appliqué est donné par le guide EMEP 2019 avec 43,68 g COVNM / hl de bière [1169].

Production d'alcools

Pour les eaux de vie par fermentation de fruits, des pertes d'éthanol par entraînement par le CO<sub>2</sub> à la production lors de la fermentation (0.3% d'alcool pur produit) ainsi qu'au stockage des alcools de fruits par évaporation (à hauteur de 15,5% d'alcool pur produit) ont lieu : les émissions de COVNM sont estimées à partir d'un facteur d'émission déduit de 12 640 g COVNM/hl d'alcool produit [1062]. Pour les eaux de vie de vin, les pertes d'éthanol sont estimées à 3 ou 4% de l'alcool initial ; le facteur d'émission déduit est de 13 720 g COVNM/hl d'alcool. Pour les autres alcools, les facteurs proviennent du guide EMEP EEA 2019 [1169] : il est de 11 250 g COVNM/hl pour les whiskies et le rhum (moyenne obtenue issue des facteurs d'émission de 7,5 et 15 kg/hl fournis par EMEP) ; de 15 000 g COVNM/hl pour les gin & vodka.

Production de sucre

Les émissions de COVNM sont estimées à partir d'informations transmises par des acteurs de la profession [526] qui ont permis d'estimer un facteur d'émission de 103 g COVNM / tonne de sucre.

Fumage de viande

Les émissions de COVNM sont estimées grâce à un facteur d'émission de 300 g COVNM / tonne de viande fumée fourni par le guide EMEP EEA 2019 [1169].

**Emissions de CO**

Les émissions de CO du fumage de viande sont estimées grâce à un facteur d'émission de 700 g CO / tonne de viande fumée fourni par l'OFEFP [42].

**Emissions de particules (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)**

Pour chacune des références ci-dessous, elles n'indiquent pas si la méthode d'estimation des émissions des particules prend en compte ou non la fraction condensable dans les facteurs d'émission des PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>.

**Production de bière**

Le facteur d'émission pour les TSP est pris par défaut identique à celui des PM<sub>10</sub> fourni par le TNO [79]. Il est de 0,0425 g TSP/hl de bière. Les émissions de PM<sub>10</sub> représentent donc 100% des TSP et les PM<sub>2,5</sub> sont estimées à 20% des TSP [79].

**Production de sucre**

Les émissions de TSP sont estimées au moyen d'un facteur d'émission fourni par l'OFEFP [68] de 600 g TSP/t de sucre. Les émissions de PM<sub>10</sub> représentent 86% des TSP [68]. Aucune donnée n'est disponible pour l'estimation des PM<sub>2,5</sub>, qui sont supposées nulles.

**Production de farine**

Les émissions de TSP sont estimées au moyen d'un facteur d'émission fourni par l'OFEFP [68] de 160 g TSP/t de farine. Les émissions de PM<sub>10</sub> représentent 20% des TSP [68]. Aucune donnée n'est disponible pour l'estimation des PM<sub>2,5</sub>, qui sont supposées nulles.

**Manutention de céréales**

Les facteurs d'émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont issus de mesures réalisées par l'INERIS dans le cadre du projet CORTEA EMICER [699]. Ces facteurs d'émission sont différenciés en fonction du type d'opérations de manutention, ils sont pondérés par leur temps de parcours moyen [699] et donnent respectivement 61 g /tonne et 2,4 g /tonne de céréales collectée. Les facteurs d'émission de TSP sont déduits des FE de PM<sub>10</sub> et de la granulométrie [699], ils sont évalués à 111 g / tonne de céréales collectée.

**Fumage de viande**

Les émissions de TSP sont estimées au moyen d'un facteur d'émission fourni par l'OFEFP [42] de 1 000 g TSP/tonne de viande fumée. Ces émissions sont essentiellement composées de particules fines, ainsi les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont estimées équivalentes aux émissions de TSP [68].

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Seule l'activité de fumage de viande est émettrice de dioxines dans la catégorie des industries agro-alimentaires. Les émissions de dioxines sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de 6 µg / tonne de viande fumée issu de l'OFEFP [68].

**4.6.2.3. Autres productions (NFR 2H3)****4.6.2.3 Other products**

- **Fabrication d'accumulateurs**

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de plomb proviennent directement des déclarations annuelles des industriels [19]. Les facteurs d'émission sont déduits des émissions et des quantités de Pb utilisées fournies par la fédération du secteur : FEDEM [417] puis A3M [712] à partir de 2014.

A partir de 2013, compte tenu du nombre limité de sites, le facteur d'émission est confidentiel.

Les évolutions des émissions suivent les progrès des industriels en termes d'équipements de dépollution ainsi que la part relative annuelle de la production de chacun des sites.

### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Les émissions de poussières totales proviennent des déclarations annuelles des industriels [19] à partir de 2004. Dans le cas où la donnée n'est pas disponible dans les déclarations annuelles, les émissions de poussières sont considérées à minima comme égales aux émissions de plomb puisqu'il est considéré que tout le plomb est émis sous forme particulaire.

Avant 2004, les émissions de poussières sont calculées à partir du facteur émission de 2004 et d'une corrélation avec l'évolution du facteur d'émission du plomb sur la période 1990 - 2004.

### ***Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>***

La granulométrie n'est pas indiquée dans les déclarations annuelles et il existe peu d'informations spécifiques à la fabrication d'accumulateurs dans la littérature. Les émissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub> sont déterminées à partir des émissions de TSP et de ratios granulométriques calculés à partir de la section 2C du Guidebook EMEP/EEA 2019 relative à la production du plomb [1079]. Ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables)

### ***Emissions de carbone suie / black carbon (BC)***

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>, ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2019 [1079]. La valeur retenue est la même que celle utilisée dans la section relative à la production d'aluminium primaire et secondaire.

- **Équipement de réfrigération**

### ***Emissions de NH<sub>3</sub> et COVNM***

La méthode de calcul utilisée est explicitée dans le chapitre 2F1 du NIR (National Inventory Report)

La méthode de calcul est celle employée pour estimer les émissions de fluides frigorigènes recommandée par les Lignes directrices du GIEC 2006. Toutes les émissions de fluides frigorigènes sont prises en compte au cours de la vie des équipements :

- émissions à la charge des équipements (E\_charge) ;
- émissions au cours de la durée de vie des équipements, issues des banques (quantités stockées dans les équipements) de fluides frigorigènes, pendant le fonctionnement et lors de la maintenance des équipements, incluant les pertes accidentelles (E\_duree-de-vie) ;
- émissions de fin de vie, lors de la mise au rebut de l'équipement (E\_fin-de-vie) ;
- émissions liées à la gestion des conteneurs de fluides frigorigènes, notamment aux talons de charge résiduels (E\_conteneurs).

$E_{\text{Totales}} = E_{\text{charge}} + E_{\text{duree-de-vie}} + E_{\text{fin-de-vie}} + E_{\text{conteneurs}}$
--

La figure suivante présente la décomposition des émissions mise en œuvre dans la méthode de calcul. Les émissions sont calculées à partir :

- de paramètres permettant d'évaluer la donnée d'activité : statistique de parc, marché ou équipement, fluides frigorigènes, caractéristiques techniques (puissance frigorifiques, ratios de charge, etc.) ;
- et d'un facteur d'émission. Dans le cadre de notre approche, les facteurs d'émission sont établis par enquête de terrain auprès de fabricants de matériels, de personnels chargés de la maintenance des installations, par consultation des quantités consommées pour la maintenance des équipements ou basés sur des avis d'experts. Dans le cadre de la reconsolidation des hypothèses pour la métropole, les hypothèses ont été comparées aux gammes de variations sectorielles fournies par les rapports du GIEC.

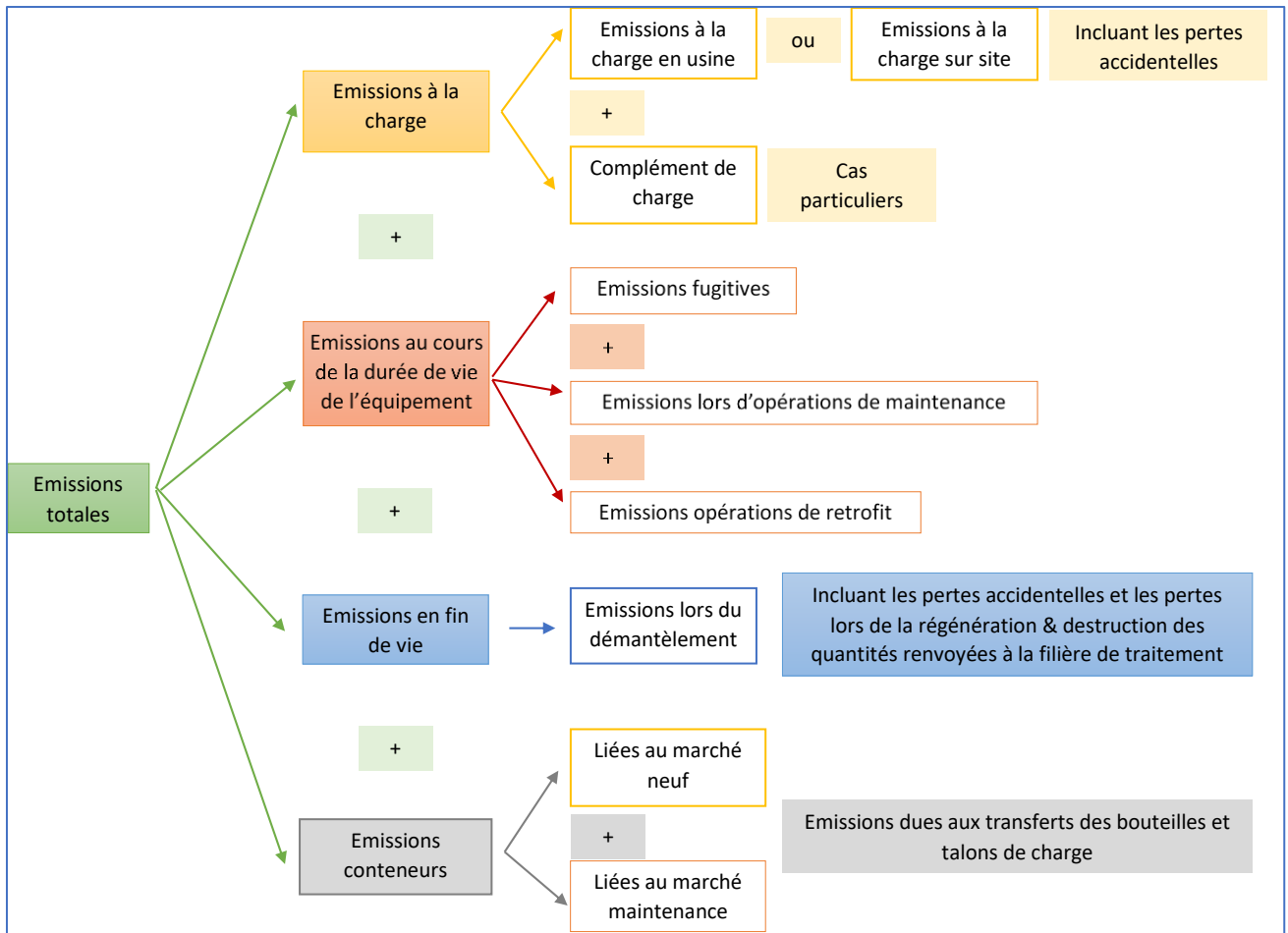


Figure 98 : Principes de la méthode de calcul des émissions de fluides frigorigènes

Les émissions totales incluent les émissions à la charge des équipements, lors de leur installation, les émissions fugitives, au cours de la vie de l'équipement et les émissions de fin de vie, lors du démantèlement.

Il a été choisi de rapporter ces émissions à l'activité la plus significative, la banque, correspondant aux quantités totales contenues dans les équipements.

### 4.6.3 Incertitudes

#### 4.6.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 4.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 4.6.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

## 4.6.5 Recalculs

### 4.6.5 Recalculations

Les calculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications » et détaillés en annexe 5. Les recalculs par sous-secteurs sont présentés ci-dessous :

Tableau 104 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2H

<b>2H1 - Pulp and Paper industry</b>	
Données d'activité et COVNM	Mise à jour de la production de papier pour le procédé bisulfite depuis 2010
<b>2H2 - Food and beverages industry</b>	
COVNM	La mise à jour d'un facteur d'émission à partir des données du guide EMEP 20219 entraîne une baisse des émissions de COVNM associées à la production de bière.
<b>2H3 - Other industrial processes</b>	
NH <sub>3</sub>	Le secteur du froid industriel présente une forte incertitude et nécessite des mises à jour régulières. Cette année, des sous-secteurs de l'industrie agroalimentaire ont été ajoutés (pâtisseries, chocolateries, boissons gazeuses et glace pour les poissonneries) ce qui a impacté légèrement les émissions de NH <sub>3</sub> .

## 4.6.6 Améliorations envisagées

### 4.6.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ». Aucune amélioration envisagée.

Pour le secteur 2H3, pour le NH<sub>3</sub> : l'enquête de terrain débutée en 2021 pour évaluer les quantités de fluides frigorigènes installées par type d'installation agroalimentaire est poursuivie chaque année afin d'améliorer l'estimation des quantités installées et émissions qui en découlent. Cela peut impacter la banque et les émissions de NH<sub>3</sub>.

## 4.7 Travail du bois (NFR 2I)

### 4.7 Wood processing (NFR 2I)

Cette section traite des émissions de l'industrie du bois (fabrication de panneaux agglomérés et travail du bois) à l'exclusion des activités relatives à la consommation d'énergie (se reporter à la section sur la combustion dans l'industrie manufacturière) et hors décarbonatation (se reporter à la section relative à l'industrie papetière).

En 2022, le secteur du travail du bois (2I) n'est pas une catégorie clé en niveau ou en évolution.

### 4.7.1 Caractéristiques de la catégorie

#### 4.7.1 Main features

#### a/ Fabrication de panneaux agglomérés

L'activité du secteur de la fabrication de panneaux agglomérés correspond à la production des différents types de panneaux suivants :

- Les panneaux de particules ;
- Les panneaux de grandes particules orientées (OSB) ;



- Les panneaux de fibres à densité moyenne (MDF).

Les procédés de fabrication des panneaux agglomérés sont responsables d'émissions de COVNM et de poussières.

#### b/ Travail du bois.

Le travail du bois engendre des émissions de poussières.

## 4.7.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 4.7.2 Methods for estimating emissions

#### Fabrication de panneaux agglomérés

Entre 1988 et 2014, les productions nationales de chaque type de panneaux agglomérés sont déterminées à partir des informations disponibles dans la base de données FAO [1013].

À partir de 2015, les productions de panneaux de particules, OSB et MDF sont déterminées en bottom-up à partir des déclarations GEREPE des exploitants [19].

#### Travail du bois

L'activité considérée pour le travail du bois est la quantité de bois scié. Le ministère de l'agriculture fournit cette donnée en m<sup>3</sup> par essence de bois (sapin, épicéa, pin sylvestre, douglas, pin maritime...) [1048].

#### **Emissions de COVNM**

##### Fabrication de panneaux agglomérés

Avant 2015, les émissions de COVNM sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques à chaque type de panneaux. Les émissions de COVNM déclarées dans GEREPE sont utilisées pour déterminer un facteur d'émission moyen annuel par type de panneaux.

A partir de 2015, les émissions de COVNM, tout comme les productions, sont estimées en bottom-up à l'aide des déclarations GEREPE des exploitants [19].

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

##### Fabrication de panneaux agglomérés

Avant 2015, les émissions de TSP sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques à chaque type de panneaux. Les émissions de TSP déclarées dans GEREPE sont utilisées pour déterminer un facteur d'émission moyen annuel par type de panneaux.

A partir de 2015, les émissions de TSP, tout comme les productions, sont estimées en bottom-up à l'aide des déclarations GEREPE des exploitants [19].

##### Travail du bois

Les émissions de TSP sont estimées au moyen d'un facteur d'émission déterminé par une étude autrichienne [1049], disponible en kg de TSP par tonne de bois scié.

#### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>**

##### Fabrication de panneaux agglomérés et travail du bois

Les émissions de PM<sub>10</sub> et de PM<sub>2.5</sub> sont estimées à partir des émissions de TSP en utilisant la granulométrie suivante [1049] :

- PM<sub>10</sub> = 40% TSP
- PM<sub>2.5</sub> = 16% TSP

### 4.7.3 Incertitudes

#### 4.7.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 4.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 4.7.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

### 4.7.5 Recalculs

#### 4.7.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Les recalculs par sous-secteurs sont présentés ci-dessous :

Tableau 105 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2I

<b>2I - Wood processing</b>	
Données d'activité	<p><u>Travail du bois</u> : légère révision à la baisse des données d'activité 2019, impactant les émissions de particules.</p> <p><u>Fabrication de panneaux agglomérés</u> :</p> <p>Les productions et émissions liées à la fabrication de panneaux de particules sont désormais déterminées en bottom-up.</p>

### 4.7.6 Améliorations envisagées

#### 4.7.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées », et détaillés en Annexe 5.

Pas d'amélioration prévue pour ce secteur.

## 5. Agriculture (Secteur NFR 3)

---

### 5. Agriculture

Cette section concerne une grande partie des émissions liées aux activités agricoles. Elle couvre les émissions liées à l'élevage (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, PM), les émissions liées à la fertilisation azotée (N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>), les émissions liées à l'utilisation de pesticides (HCB), les émissions liées aux rizières (CH<sub>4</sub>), les émissions liées au travail du sol (PM) et les émissions liées au brûlage des résidus agricoles (nombreux polluants). Elle comprend également les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'épandage d'engrais sous forme d'urée ou contenant du carbone (calcium ammonium nitrate) et d'amendements basiques sur les sols agricoles.

Les différents postes d'émission du secteur agricole décrits dans cette partie sont listés ci-dessous et présentés sur le schéma suivant :

- Emissions liées à l'élevage :
  - Fermentation entérique : CH<sub>4</sub>
  - Bâtiments d'élevage : CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, PM
  - Stockage fumier/lisier : CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM
  - Epandage fumier/lisier : N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM
  - Pâturage : CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM
- Emissions liées à la fertilisation (autre que l'épandage des fumiers/lisiers précité) :
  - Fertilisation azotée minérale : N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>
  - Autre fertilisation organique comprenant les boues, les composts, les digestats et les déjections importées : N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>
- Emissions liées à l'utilisation de pesticides : HCB
- Emissions liées aux rizières : CH<sub>4</sub>
- Emissions liées au travail du sol : PM
- Emissions liées au brûlage des résidus de récolte : nombreux polluants
- Emissions de CO<sub>2</sub> liées à l'épandage d'urée, d'engrais contenant du carbone (calcium ammonium nitrate, notés CAN) et d'amendements basiques (chaulage).

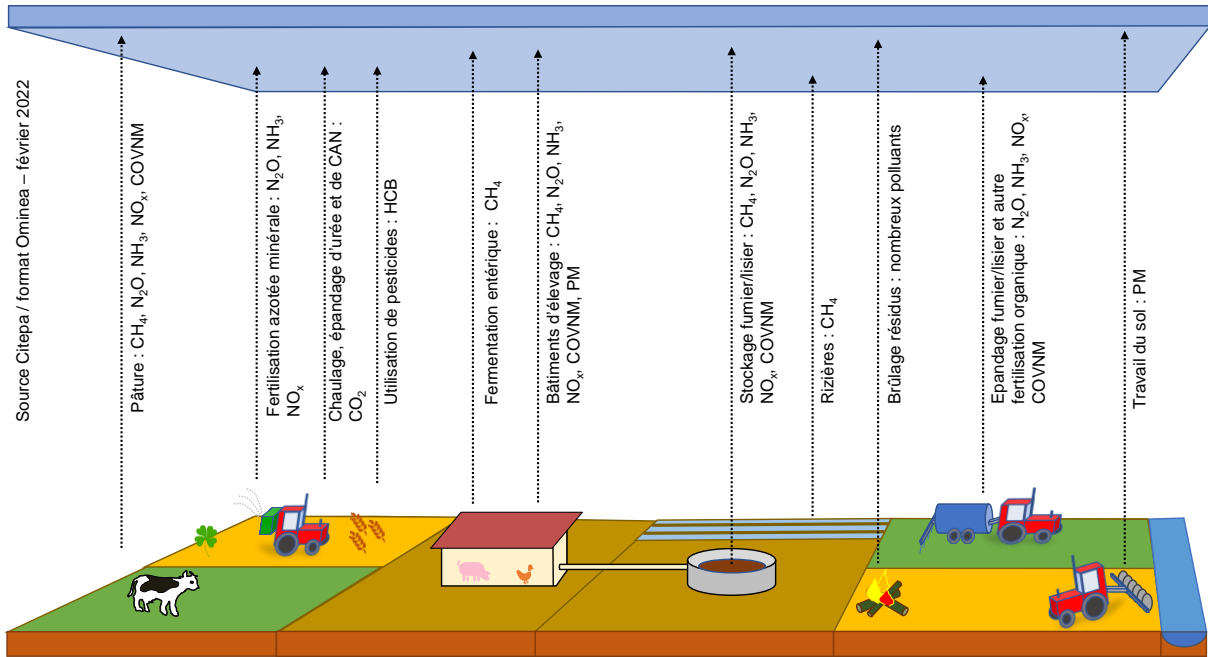


Figure 99 : Postes d'émission et polluants associés en agriculture

Cette section exclut les émissions liées à l'utilisation d'énergie du secteur agricole, qui sont prises en compte dans le secteur énergie (NFR 1).

Tableau 106 : Émissions du secteur agricole en France (Métropole) en 2022

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx / recap\_agriculture

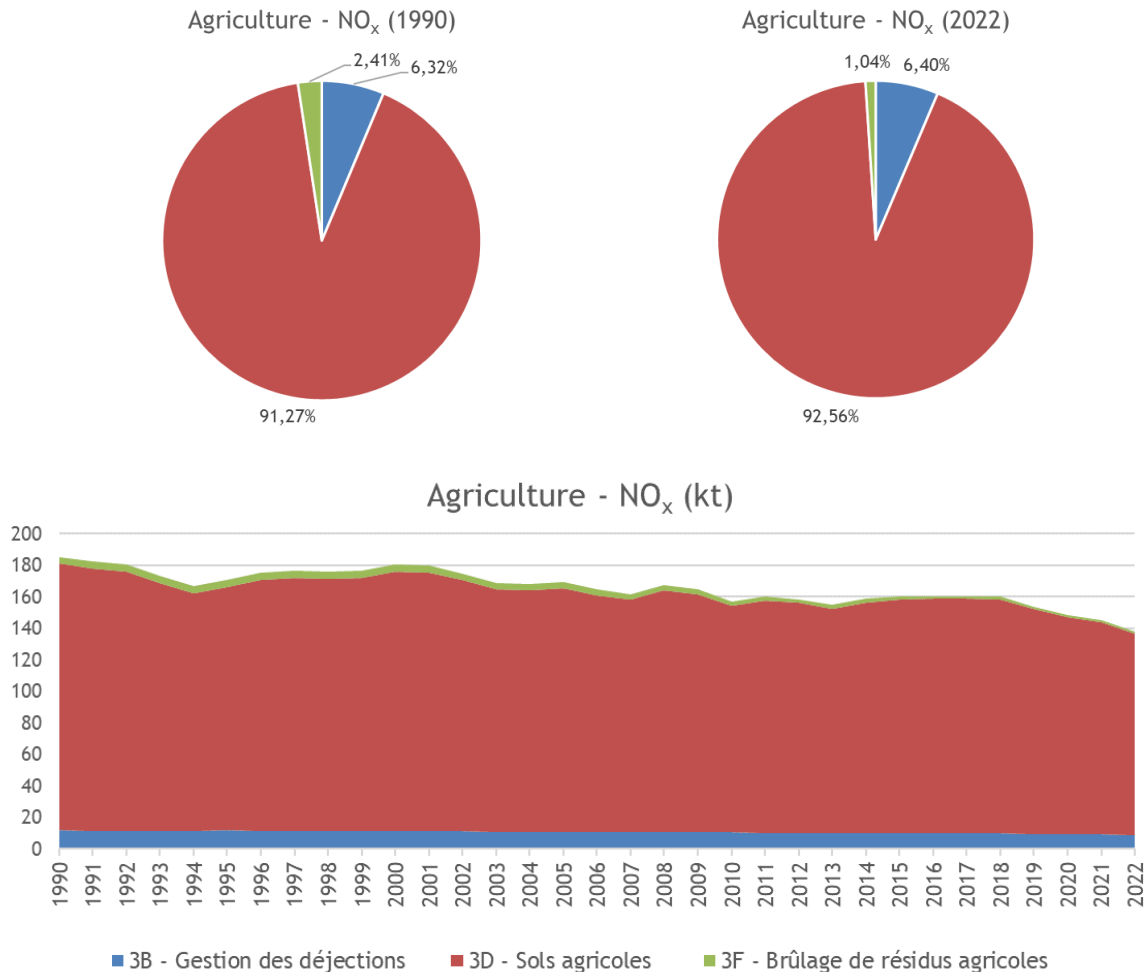
Substances	Unités	Emissions (*) 2022	Contributions au total national (%) en 2022
SO <sub>2</sub>	Gg	0,1	0,1%
NOx	Gg	138	20%
NH <sub>3</sub>	Gg	486	94%
COVNM	Gg	418	39%
CO	Gg	27	1,1%
As	Mg	0,01	0,2%
Cd	Mg	0,2	5,7%
Cr	Mg	0,02	0,1%
Cu	Mg	0,04	0,0%
Hg	Mg	0,02	1,0%
Ni	Mg	0,01	0,0%
Pb	Mg	0,1	0,2%
Se	Mg	0,01	0,1%
Zn	Mg	3,4	0,9%
PCDD/F	g iTEQ	1,9	1,5%
HAP	Mg	0,5	1,4%
HCB	kg	0,3	3,9%
TSP	Gg	436	55%
PM <sub>10</sub>	Gg	48	19%
PM <sub>2,5</sub>	Gg	7,8	4,6%
BC	Gg	0,6	2,2%

(\*) correspond au "total national" tel que défini dans le NFR excluant les memo items / corresponds to the "national total" as defined in the NFR excluding memo items

L'ensemble des sources clés du secteur agricole est répertorié dans le tableau ci-dessous :

Tableau 107 : Substances pour lesquelles le secteur 3 est source clé

Sous-secteur	Polluant	Niveau		Evolution	
		Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
3B - Manure management	COVNM/NMVOCs	1	19,8%	-	-
3B - Manure management	NH <sub>3</sub>	2	37,3%	1	51,4%
3B - Manure management	PM <sub>10</sub>	5	8,1%	-	-
3D - Agricultural soils	NOx	2	18,3%	-	-
3D - Agricultural soils	COVNM/NMVOCs	2	19,4%	-	-
3D - Agricultural soils	NH <sub>3</sub>	1	56,3%	2	29,4%
3D - Agricultural soils	PM <sub>10</sub>	3	9,9%	-	-
3D - Agricultural soils	TSP	1	50,6%	6	3,9%
3F - Field burning of Agricultural wastes	Cd	8	5,70%	-	-
3F - Field burning of Agricultural wastes	HAPs	-	-	3	11,30%

**Analyse des tendances****Émissions de NO<sub>x</sub>**

**Figure 100 : Évolution des émissions de NO<sub>x</sub> du secteur agricole (kt)**

Le poste prépondérant pour les émissions de NO<sub>x</sub> en agriculture est celui des sols agricoles, majoritairement du fait des procédés de nitrification qui y ont lieu. D'après la méthodologie appliquée, ces émissions sont directement en lien avec les quantités d'azote épandues. La baisse constatée sur la période s'explique, pour ce poste des sols agricoles, principalement par une baisse de l'épandage d'azote minéral et organique. Les émissions associées aux postes gestion des déjections diminuent sur la période, principalement en lien avec la baisse du cheptel bovin.

Le brûlage de résidus agricoles est une pratique interdite en France, sauf dans le cas de dérogations préfectorales pour des raisons sanitaires. Environ 65% des émissions de NO<sub>x</sub> proviennent du brûlage des sarments de vigne dont l'activité peut être autorisée à titre dérogatoire selon la période de l'année et sous certaines conditions selon les préfetures. En particulier : des restrictions peuvent être émises en cas de pic de pollution. Ces émissions liées au brûlage des sarments de vigne ont diminué sur la période du fait de la baisse de la surface des vignobles, et de la baisse de la pratique de brûlage à partir de 2006 : cela représente environ la moitié de la baisse des émissions de NO<sub>x</sub> constatée. La seconde moitié s'explique principalement par la baisse des émissions liées au brûlage des résidus de blé, cette pratique ayant régressé sur la période (évaluation des pratiques au cours du temps par 4 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011 et 2017).

Émissions de COVNM

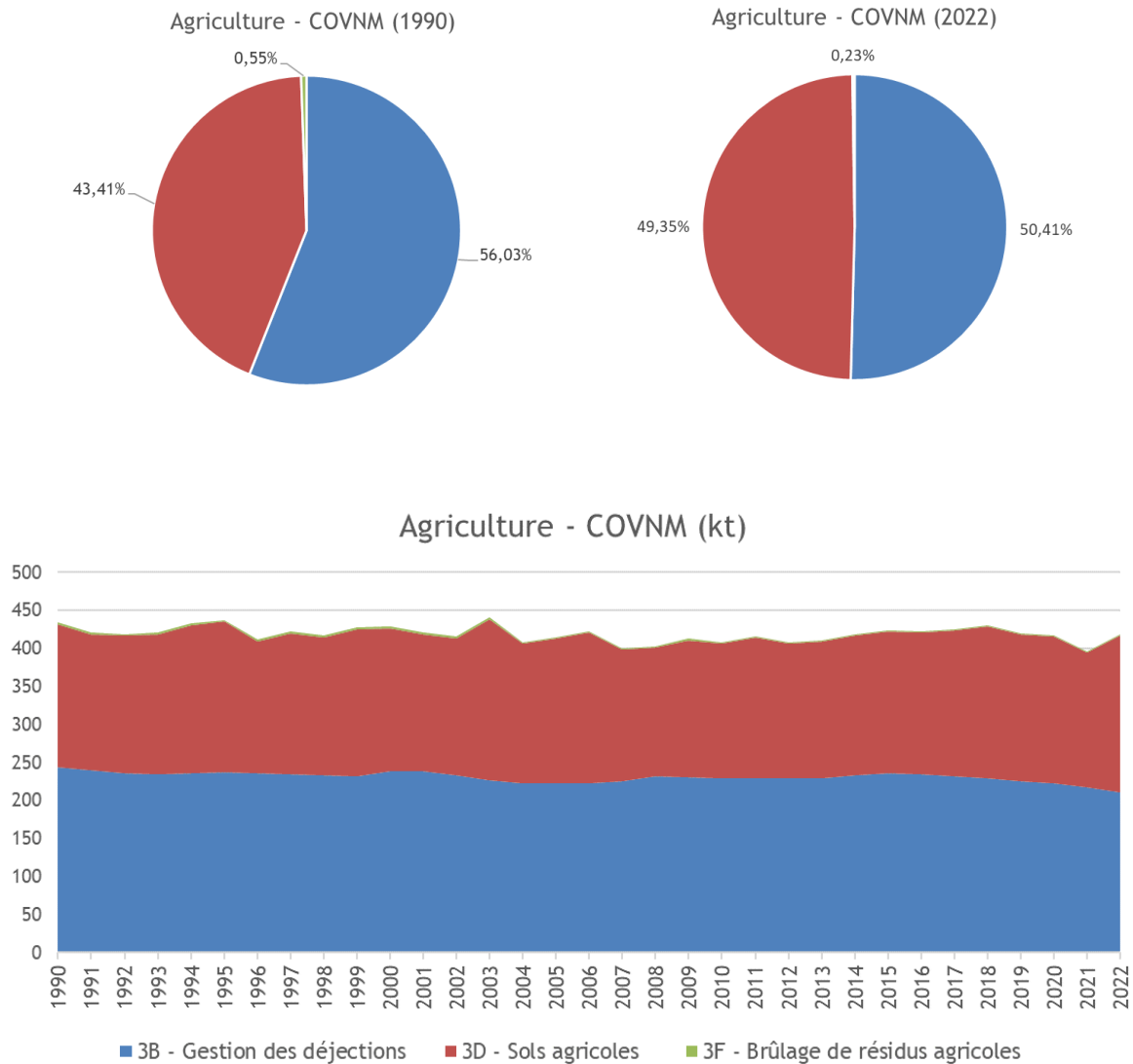


Figure 101 : Évolution des émissions de COVNM du secteur agricole (kt)

Les émissions de COVNM agricoles proviennent principalement de la gestion du fumier, des entrepôts d'ensilage (fermentation des fourrages), mais aussi du fonctionnement biologique des cultures (émissions attirant les insectes pollinisateurs par exemple). En 2022, les émissions de COVNM sont globalement équitablement réparties entre les postes gestion des déjections et sols agricoles, le poste brûlage contribuant à la marge au total des émissions agricoles.

Sur la période, ces émissions ont diminué du fait d'une baisse sur le poste gestion des déjections, qui s'explique majoritairement par le recul du cheptel bovin. Pour le poste des sols agricoles, les émissions sont globalement stables sur la période avec toutefois des variabilités interannuelles en lien avec le fonctionnement biologique des cultures. En particulier pour 2022, la hausse constatée est liée aux COV biotiques des cultures, émissions qui ont fortement augmenté en lien avec les températures élevées de 2022. Les deux autres postes (déjections à la pâture et déjections épandues) sont à la baisse, toujours principalement en lien avec la baisse du cheptel bovin.

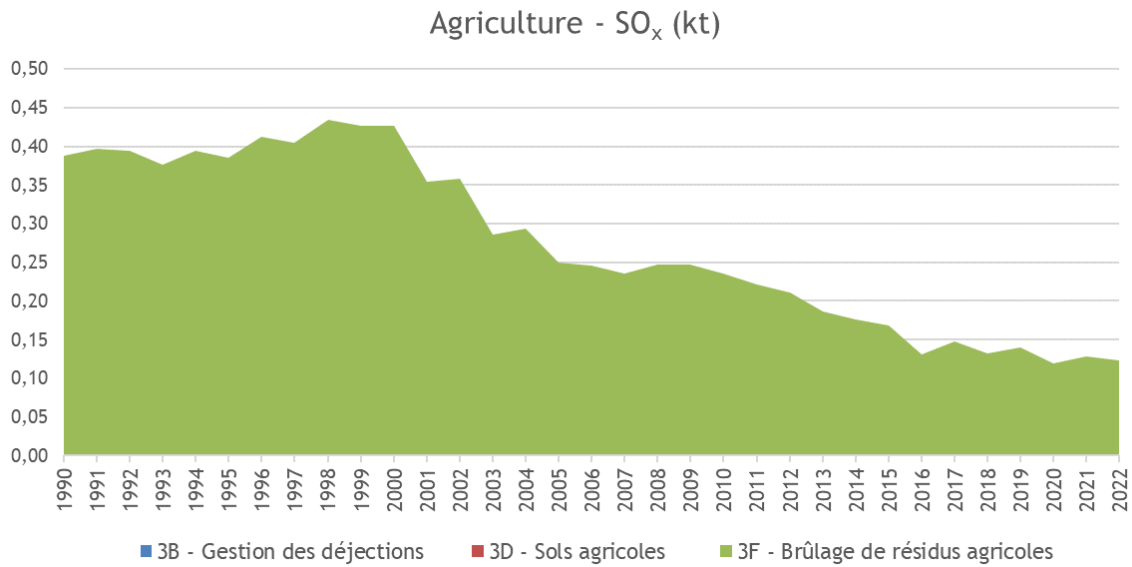
Émissions de SO<sub>x</sub>

Figure 102 : Évolution des émissions de SO<sub>x</sub> du secteur agricole (kt)

Les émissions de SO<sub>x</sub> pour le secteur agricole proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. Cette pratique est interdite en France, sauf dans le cas de dérogations préfectorales pour des raisons sanitaires. En 2022, les émissions de SO<sub>x</sub> proviennent essentiellement du brûlage des résidus de blé (45 %), des sarments de vigne (27 %) et du riz (15 %). Le principal poste contribuant à la baisse des émissions de SO<sub>x</sub> constatée est le brûlage des résidus de blé (-71 % d'émissions de SO<sub>x</sub> pour cette culture entre 1990 et 2022), cette pratique ayant régressé sur la période (évaluation des pratiques au cours du temps par 4 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011 et 2017).



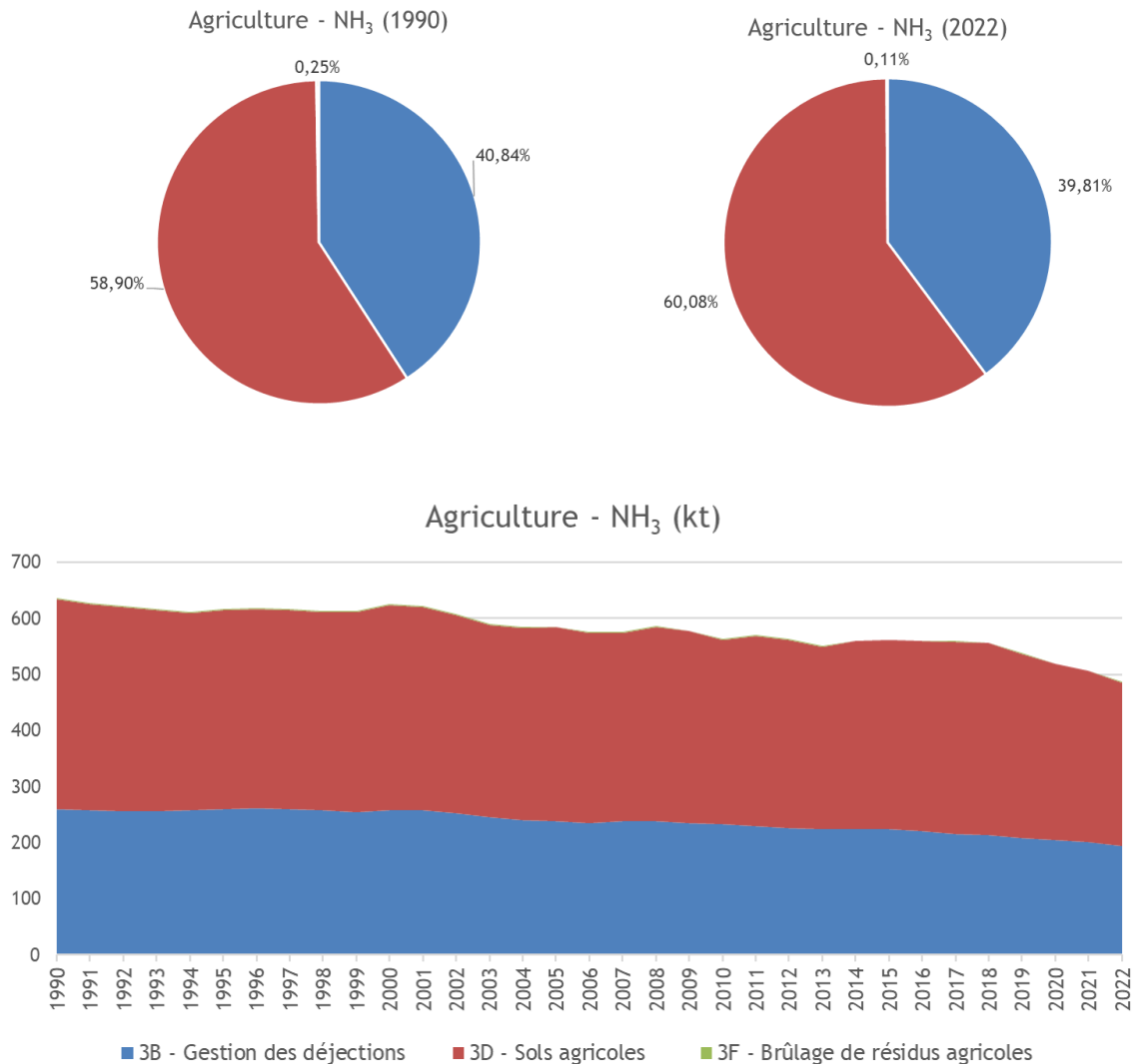
Émissions de NH<sub>3</sub>

Figure 103 : Évolution des émissions de NH<sub>3</sub> du secteur agricole (kt)

La répartition des émissions de NH<sub>3</sub> du secteur agricole par poste est assez stable sur la période : environ 40% des émissions proviennent de la gestion des déjections et 60% des sols agricoles. Les émissions du brûlage sont à la marge.

Le poste des sols agricoles (NFR 3D) a vu ses émissions baisser de 22 % entre 1990 et 2022, ce qui en fait le premier poste participant à la baisse des émissions du secteur (-82,3 kt). La baisse au sein de ce poste est à imputer en premier lieu à la fertilisation minérale, en lien avec une baisse de l'azote minéral total épandu et une progression des bonnes pratiques pour les engrais uréiques (enfouissement rapide). Le second poste contributeur à cette baisse concerne l'épandage des déjections, combinant à la fois une baisse de l'azote épandu en lien avec la baisse des cheptels, mais également une progression des pratiques d'épandage moins émissives. En conséquence les émissions liées à l'épandage des déjections produites par les animaux élevés en France diminuent plus rapidement que la quantité d'azote épandu associée. Enfin, les émissions liées aux animaux à la pâture sont également en baisse, principalement en lien avec le recul des cheptels ruminants.

Le poste de gestion des déjections au bâtiment et au stockage (NFR 3B), a vu ses émissions baisser de 25 % entre 1990 et 2022, soit -66,1 kt sur la période. Cette évolution est constatée principalement

chez les vaches laitières, en lien avec la baisse du cheptel. Des réductions notables se retrouvent également chez les porcins, notamment du fait de la progression de l'alimentation biphase et du traitement des effluents par nitrification-dénitrification, et enfin au niveau des volailles, avec la disparition progressive jusqu'en 2006 des systèmes en fosse profondes chez les poules pondeuses (systèmes très émetteurs), l'ajustement de l'alimentation aux besoins en azote induisant une baisse de l'azote excrété pour certaines catégories de volailles et une chute très forte du cheptel des dindes sur la période.

### Émissions de CO

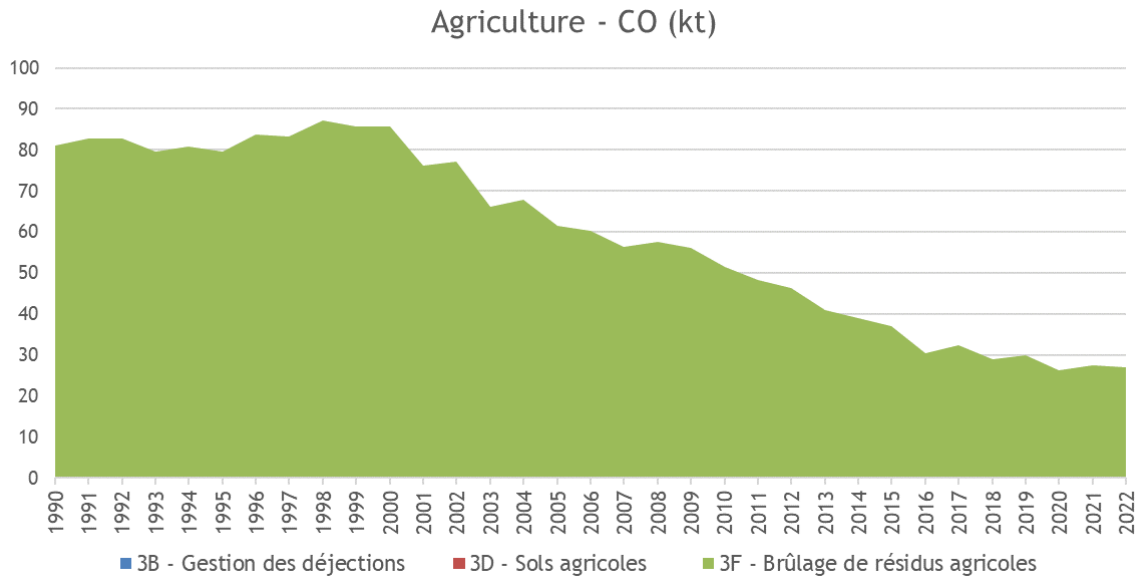


Figure 104 : Évolution des émissions de CO du secteur agricole (kt)

Les émissions de CO rapportées en NFR 3 pour le secteur agricole proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. Cette pratique est interdite en France, sauf dans le cas de dérogations préfectorales pour des raisons sanitaires. En 2022, les émissions de CO proviennent essentiellement du brûlage des sarments de vigne (42 %) et des résidus de blé (28 %). Ce sont également les principaux postes contribuant à la baisse des émissions de CO : c'est d'abord le brûlage des sarments de vignes qui participe à cette baisse, car il a fortement diminué à la fois du fait du recul des surfaces et de la régression de cette pratique à partir de 2006. Quant aux émissions liées au brûlage des résidus de blé, elles ont également fortement diminué sur la période du fait de la régression de cette pratique, évaluée au cours du temps par 4 enquêtes : 2000, 2005, 2011 et 2017.

Émissions de PM<sub>2,5</sub>

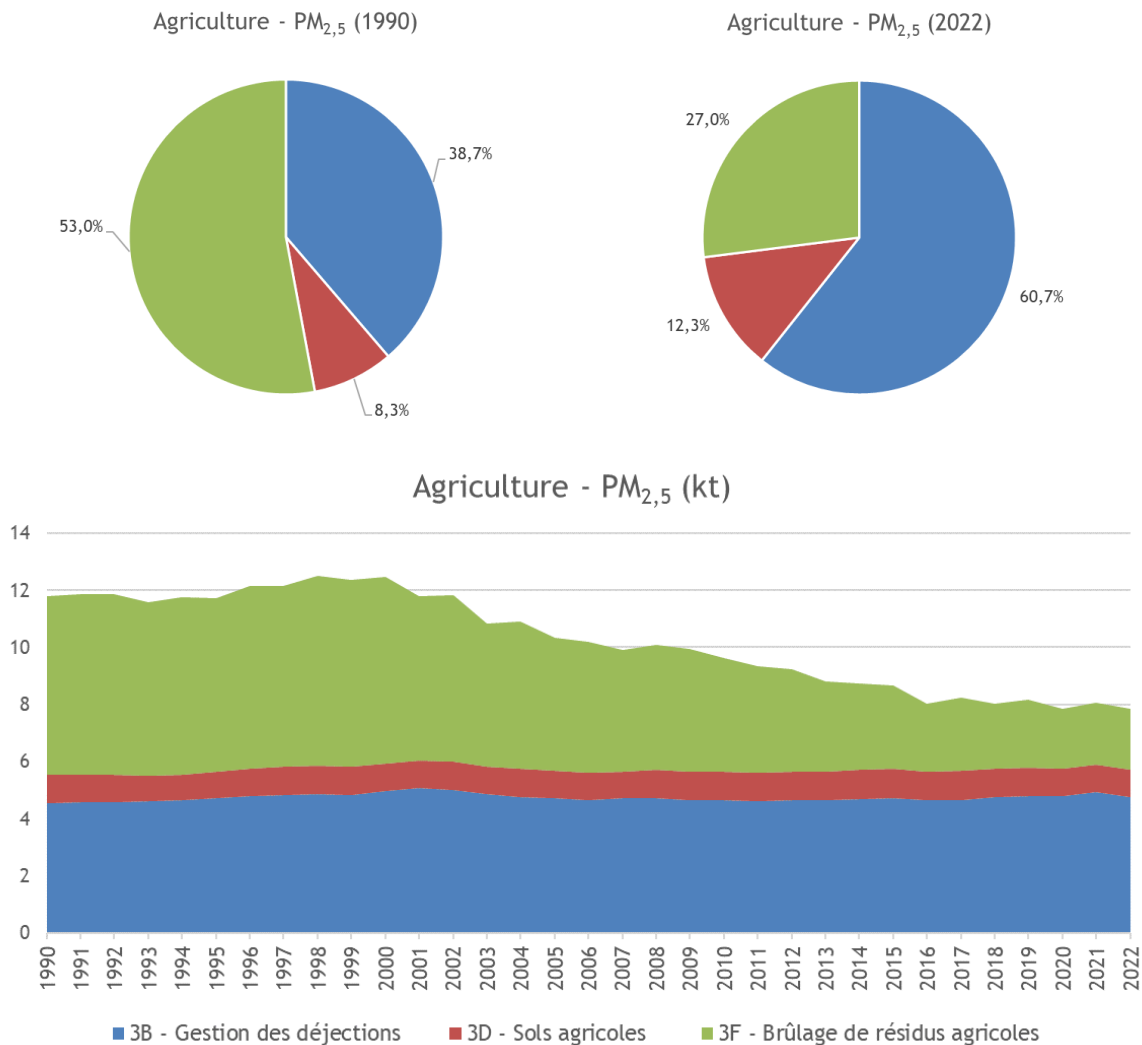


Figure 105 : Évolution et répartition des émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur agricole (kt)

La baisse des émissions de PM<sub>2,5</sub> constatée sur la période pour le secteur agricole est liée au brûlage des résidus agricoles, les deux autres postes ayant, eux, maintenu leur niveau relativement constant.

En 2022, les émissions de PM<sub>2,5</sub> pour ce poste (3F) proviennent essentiellement du brûlage des sarments de vigne (39 %) et des résidus de blé (28 %). Ce sont également les principaux postes contribuant à la baisse des émissions de PM<sub>2,5</sub> : c'est d'abord le brûlage des sarments de vignes qui participe à cette baisse, car il a fortement diminué à la fois du fait du recul des surfaces et de la régression de cette pratique à partir de 2006. Quant aux émissions liées au brûlage des résidus de blé, elles ont également fortement diminué sur la période du fait de la régression de cette pratique, évaluée au cours du temps par 4 enquêtes : 2000, 2005, 2011 et 2017.

Émissions de PM<sub>10</sub>

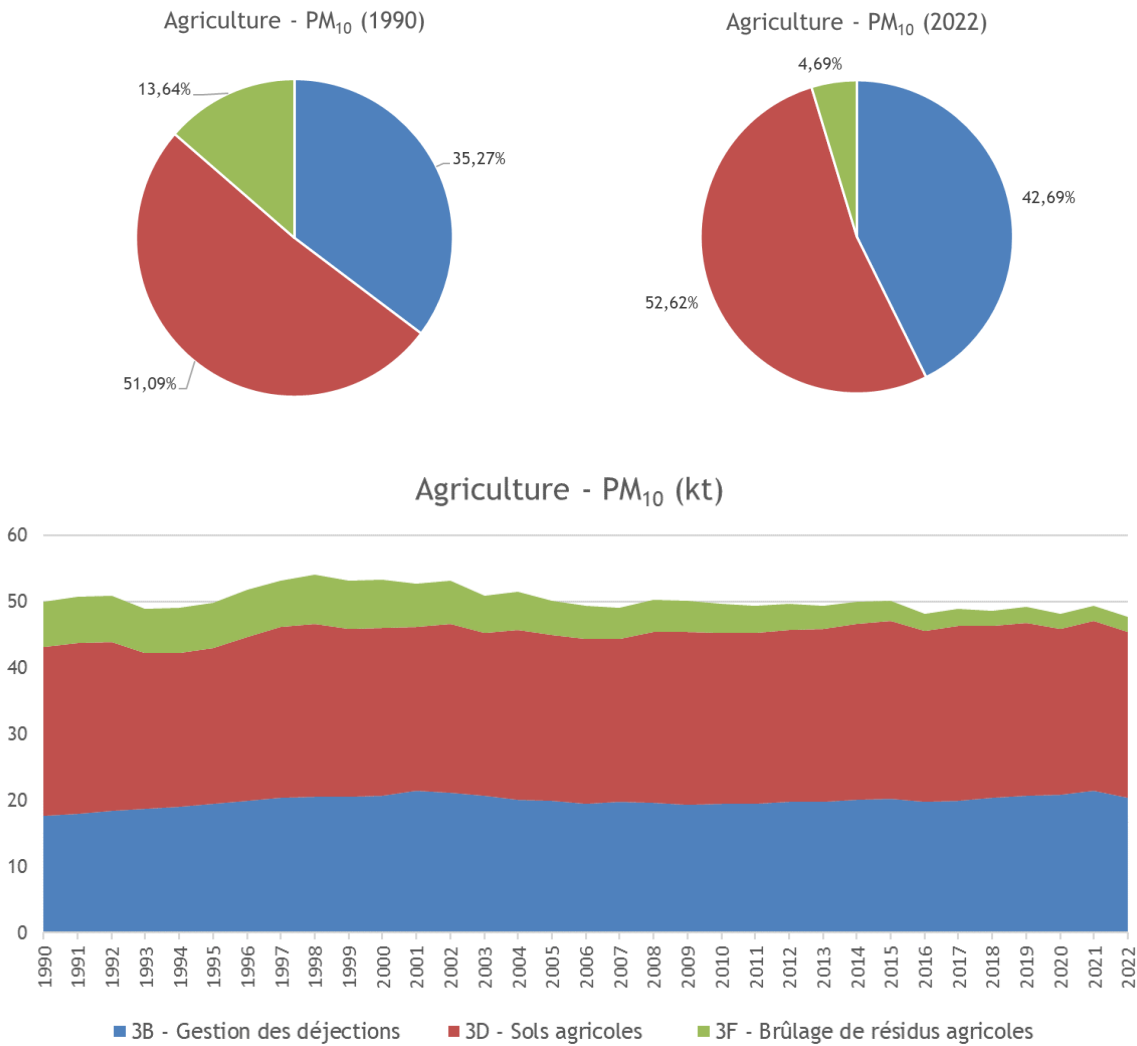


Figure 106 : Évolution et répartition des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur agricole (kt)

Les émissions de PM<sub>10</sub> NFR 3 ont très légèrement diminué sur la période (- 5 %). Le brûlage de résidus agricoles voit pourtant ses émissions diminuer d'environ 67 % entre 1990 et 2022, mais ce n'est pas suffisant pour contrebalancer la hausse constatée sur le poste gestion des déjections (+ 15 % entre 1990 et 2022). Cette hausse s'explique principalement par la gestion des déjections des poules pondeuses qui voit ses émissions augmenter à la fois en lien avec la hausse du cheptel, mais aussi du fait d'une diminution de la part de poules élevées en cages au profit de système d'élevage alternatifs (au sol, plein-air et biologique), plus émetteurs de PM<sub>10</sub>.

Émissions de TSP

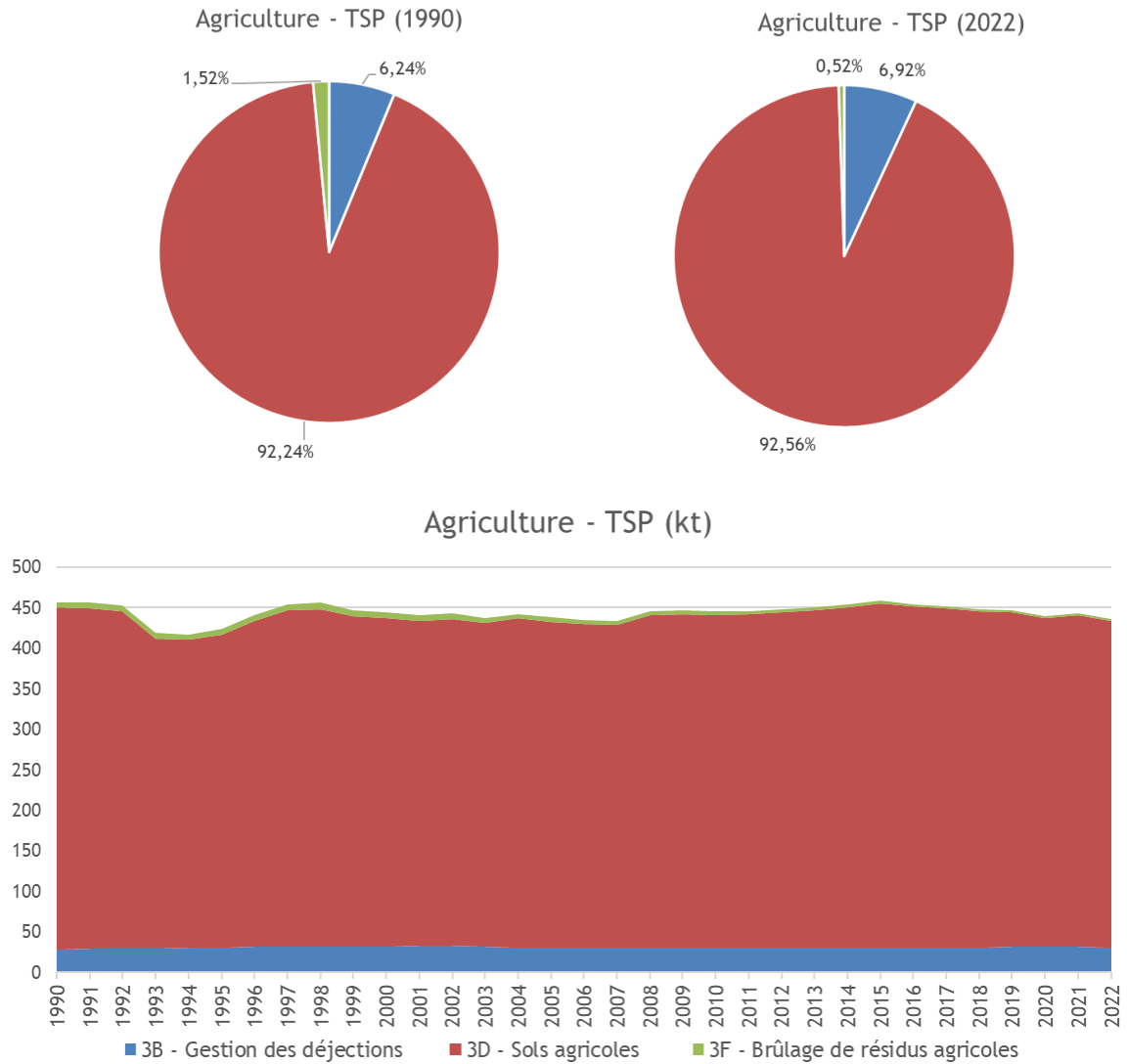
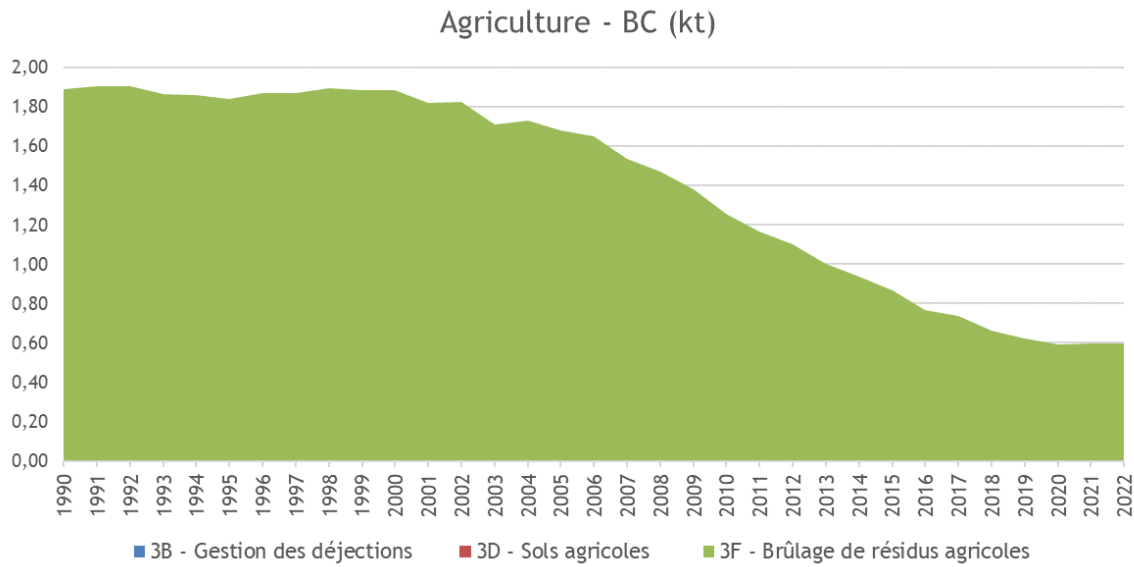


Figure 107 : Évolution et répartition des émissions de TSP du secteur agricole (kt)

La répartition des émissions de TSP par poste est très stable sur la période. Tout comme pour les PM<sub>10</sub>, le niveau d'émission de TSP a légèrement diminué sur la période (- 5 % d'émissions de TSP entre 1990 et 2022). Le principal poste émetteur en agriculture est le labour, comptabilisé dans le poste 3D. Ces émissions sont estimées à partir de la surface des terres arables et d'un facteur d'émission constant sur la période. Ainsi, la légère baisse constatée s'explique par un recul de la surface des terres arables.

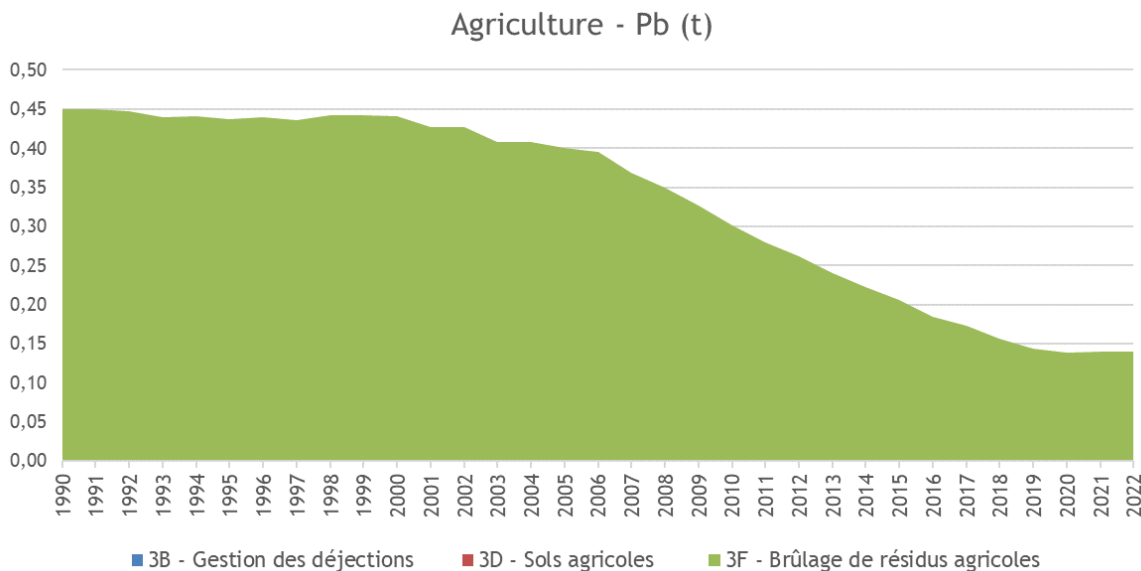
**Émissions de BC**



**Figure 108 : Évolution des émissions de BC du secteur agricole (kt)**

Les émissions de carbone suie (BC) sont issues des processus de combustion incomplète : pour le secteur agricole, elles proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. En 2022, les émissions de BC proviennent majoritairement du brûlage des sarments de vigne (77 %) et des résidus de blé (9,3 %). Ce sont également les principaux postes contribuant à la baisse des émissions de BC : c'est d'abord le brûlage des sarments de vignes qui participe à cette baisse en lien avec le recul des surfaces du vignoble et la régression de cette pratique à partir de 2006. Les émissions du brûlage des résidus de blé ont quant à elles diminué du fait de la régression de cette pratique, évaluée au cours du temps par 4 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011 et 2017.

**Émissions de Pb**



**Figure 109 : Évolution des émissions de Pb du secteur agricole (t)**

Les émissions de plomb proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. En 2022, les émissions de Pb proviennent majoritairement du brûlage des sarments de vigne (86 %) et des résidus de blé (9 %). Ce sont également les principaux postes contribuant à la baisse des émissions de Pb : c'est d'abord le brûlage des sarments de vignes qui participe à cette baisse en lien avec le recul des surfaces

du vignoble et de la régression de cette pratique à partir de 2006. Les émissions du brûlage des résidus de blé ont quant à elles diminué du fait de la régression de cette pratique, évaluée au cours du temps par 4 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011 et 2017.

Émissions de Cd

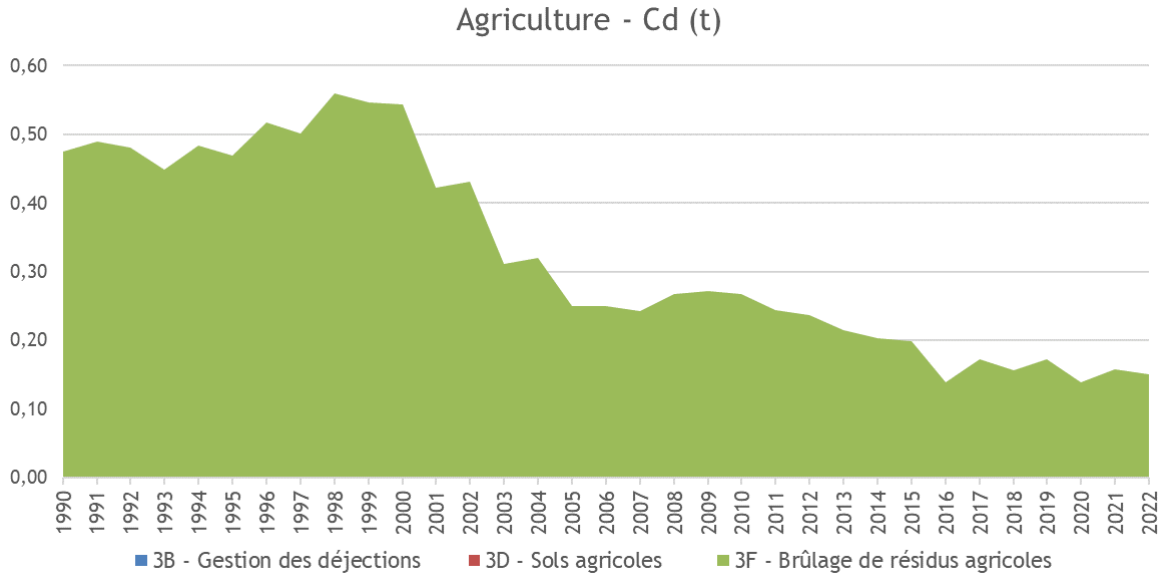


Figure 110 : Évolution des émissions de Cd du secteur agricole (t)

Les émissions de cadmium proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. En 2022, les émissions de Cd proviennent majoritairement du brûlage des résidus de blé (65 %). C'est également le principal poste contribuant à la baisse des émissions de Cd : ses émissions ont diminué de 71 % du fait de la régression des pratiques de brûlage, évaluées au cours du temps par 4 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011 et 2017.

Émissions de Hg

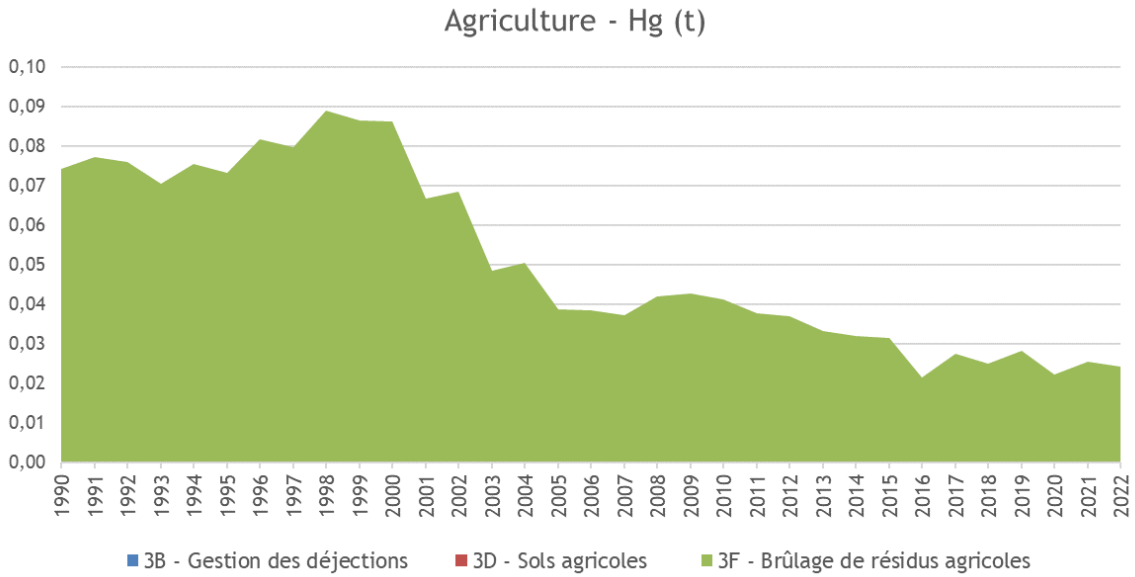


Figure 111 : Évolution des émissions de Hg du secteur agricole (t)

Les émissions de mercure proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. En 2022, les émissions de Hg proviennent majoritairement du brûlage des résidus de blé (64 %). C'est également le principal poste contribuant à la baisse des émissions de Hg : ses émissions ont diminué de 71 % du fait de la régression des pratiques de brûlage, évaluées au cours du temps par 4 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011 et 2017.

Émissions de PCDD-F

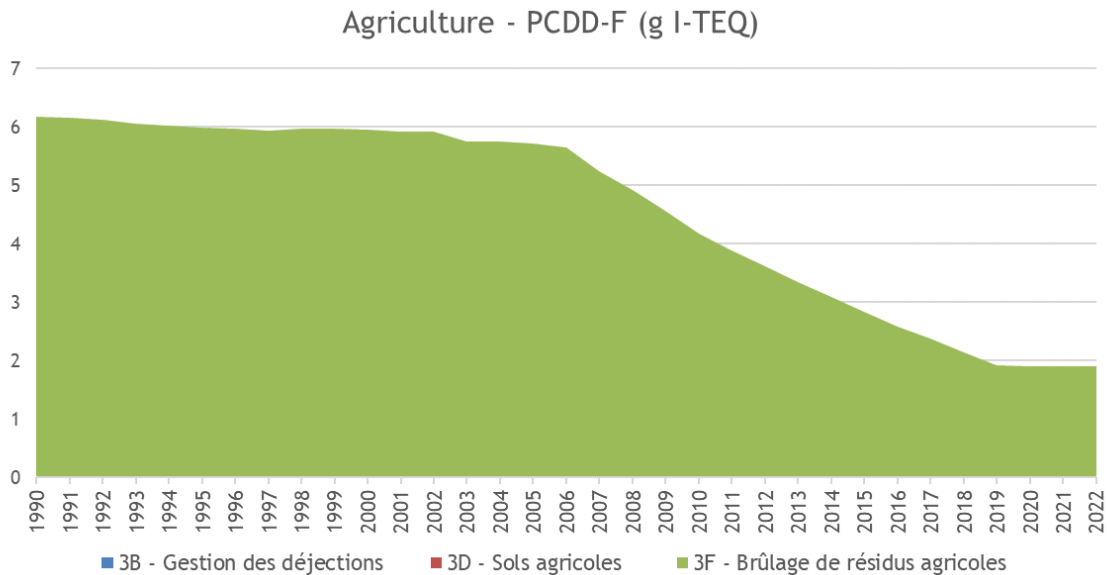


Figure 112 : Évolution des émissions de PCDD-F du secteur agricole (g I-TEQ)

Les émissions de PCDD-F proviennent à 100% du brûlage des résidus agricoles. En 2022, ces émissions proviennent majoritairement du brûlage des sarments de vigne (94 %). C'est également le principal poste contribuant à la baisse des émissions de PCDD-F en lien avec le recul des surfaces du vignoble et de la régression de cette pratique à partir de 2006.



Émissions de HAPs

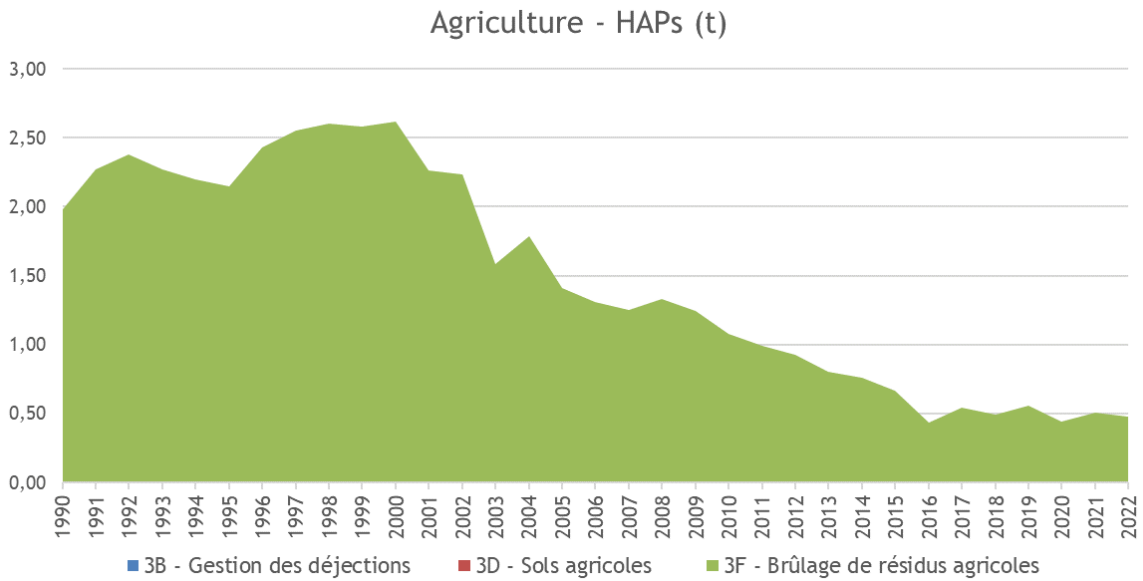


Figure 113 : Évolution des émissions de HAPs du secteur agricole (t)

Les émissions de HAP proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. En 2022, ces émissions sont issues majoritairement du brûlage des résidus de blé (53 %) et d'orge (25 %). C'est d'abord le brûlage des résidus de blé qui participe à cette baisse, car il a fortement diminué sur la période du fait de la régression de cette pratique, évaluée au cours du temps par 4 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011 et 2017. Le second contributeur à la baisse est le maïs, dont les émissions liées au brûlage ont reculé fortement sur la période en lien avec un recul de ces pratiques.

Émissions de HCB

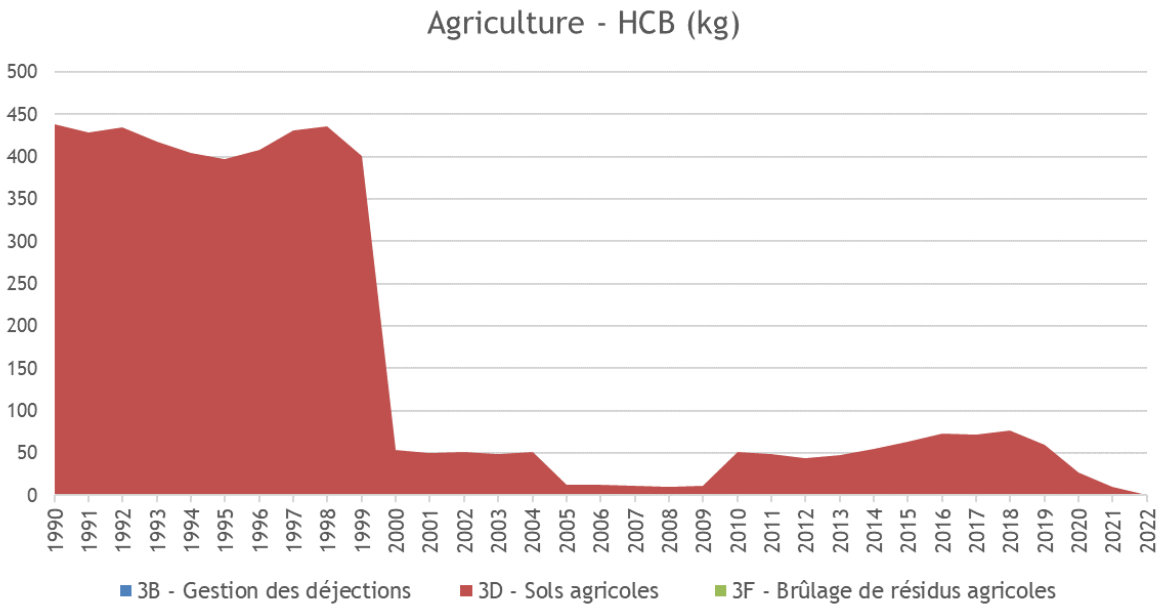


Figure 114 : Évolution des émissions de HCB du secteur agricole (kg)

Les émissions de HCB liées aux pesticides (NFR 3Df) sont estimées sur la base des surfaces traitées et/ou à partir des quantités de pesticides vendus en France métropolitaine selon la période. Les émissions sont globalement en baisse sur la période, en lien avec un recul des quantités utilisées et une diminution des teneurs maximales autorisées. Le repli important observé sur les années récentes

est avant tout à imputer au recul des ventes de chlorothalonil depuis 2018 avec l'entrée en vigueur du Règlement (UE) 2019/677, concernant le non-renouvellement de l'approbation du chlorothalonil.

## 5.1 Généralités

### 5.1 General

Pour un maximum de clarté, cette section présente une partie commune détaillée sur la caractérisation de l'élevage et des cultures car ces données impactent différentes sources d'émission traitées séparément dans les inventaires.

#### ***Système PACRETE pour l'élevage***

L'estimation précise des émissions liées à l'élevage est un travail complexe qui nécessite notamment de compiler beaucoup d'informations issues de sources différentes. Un système a donc été mis en place au niveau des inventaires français pour gérer au mieux ces calculs : le système PACRETE (Programme Access pour le Calcul Régionalisé des Emissions aTmosphériques de l'Élevage). Le système PACRETE permet de rassembler des données régionales, issues de différentes sources, sur les effectifs animaux, l'alimentation, les types de bâtiments d'élevage, les pratiques d'épandage des effluents, le temps passé au pâturage, etc. Il permet ensuite de calculer, au niveau régional et de manière cohérente, l'ensemble des émissions liées à l'élevage en métropole. Les explications suivantes font partie intégrante de ce système.

*A noter : le système PACRETE est utilisé uniquement pour la France métropolitaine. Pour l'Outre-mer, les méthodes appliquées sont les mêmes mais les calculs sont effectués directement sous Excel.*

#### ***La réforme des régions françaises***

En 2015, la division territoriale de la France a été réformée, prenant effet à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2016. Le nombre de régions métropolitaines est passé de 22 à 13 (dont la Corse). Le tableau ci-dessous présente les correspondances entre anciennes et nouvelles régions.

**Tableau 108 : Correspondances entre anciennes et nouvelles régions**

Nouveaux noms		Anciens noms	
11	Ile-de-France	11	Ile-de-France
24	Centre-Val de Loire	24	Centre
27	Bourgogne-Franche-Comté	43	Franche-Comté
		26	Bourgogne
28	Normandie	23	Haute-Normandie
		25	Basse-Normandie
32	Hauts-De-France	22	Picardie
		31	Nord-Pas-de-Calais
		21	Champagne-Ardenne
44	Grand-Est	42	Alsace
		41	Lorraine
		52	Pays de la Loire
52	Pays de la Loire	52	Pays de la Loire
53	Bretagne	53	Bretagne
		54	Poitou-Charentes
75	Nouvelle-Aquitaine	72	Aquitaine
		74	Limousin
		91	Languedoc-Roussillon
76	Occitanie	73	Midi-Pyrénées
		82	Rhône-Alpes
84	Auvergne-Rhône-Alpes	83	Auvergne
93	Provence-Alpes-Côte d'Azur	93	Provence-Alpes-Côte d'Azur
94	Corse	94	Corse

Les calculs d'inventaire dans le système PACRETE sont effectués au niveau des anciennes régions, présentant des périmètres plus petits ce qui permet d'avoir des données à une échelle plus fine. En revanche, cela implique parfois de retraiter les données d'activité qui, pour certaines d'entre elles, sont désormais disponibles uniquement au périmètre agrégé des nouvelles régions.

## Cheptels

Les données de cheptels utilisées dans le cadre de l'inventaire national proviennent de la Statistique Agricole Annuelle (SAA) publiée par le SSP [410], service statistique du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA). Cette statistique est établie chaque année grâce à des sondages aléatoires sur un échantillon représentatif, et complétée grâce aux informations fournies par les recensements agricoles qui ont lieu sur un pas de temps plus long, tous les 10 ans en France, le dernier ayant eu lieu en 2020. Des sources de données additionnelles sont disponibles pour l'Outre-mer [400, 401, 1037 à 1047, 1139]. Il est important de préciser que, à l'instar de beaucoup de statistiques, le système statistique agricole a évolué au cours du temps. Un travail de mise en cohérence a été effectué, de manière à garantir une catégorisation stable depuis 1980, comme requis par les exigences de rapportage.

Le schéma ci-dessous représente les différents traitements effectués sur les données de la statistique agricole pour obtenir des séries cohérentes sur la période :

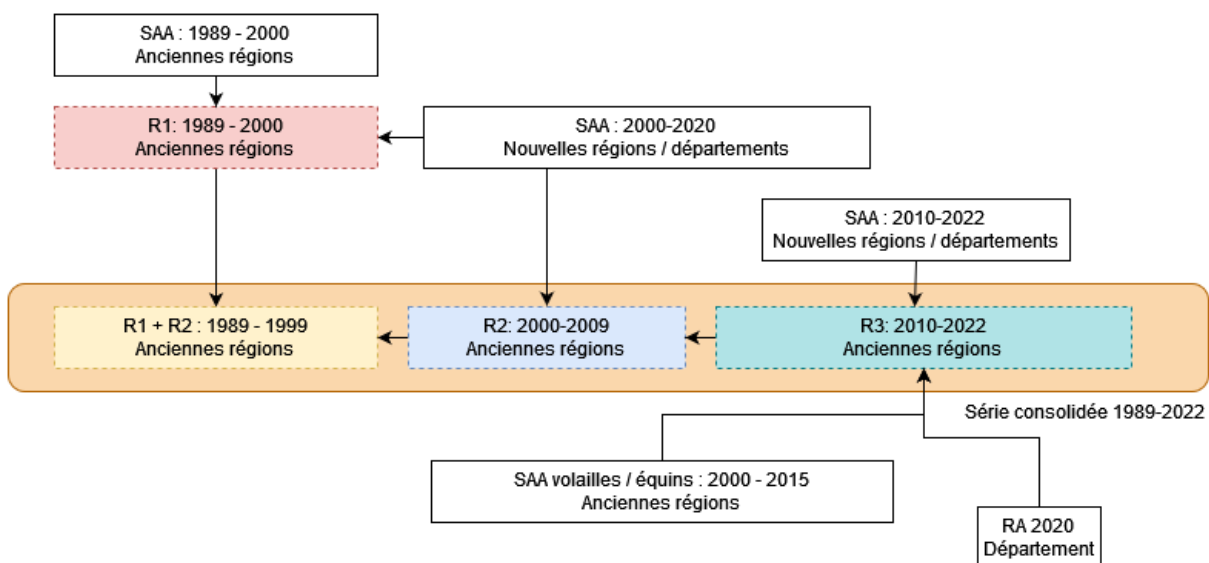


Figure 115 : Récapitulatif des méthodes d'ajustement de la statistique agricole annuelle (SAA)

Les données d'effectifs animaux sont disponibles sous la forme de trois séries : de 1989 à 2000 (jeu « historique 1 »), de 2000 à 2020 (« jeu historique 2 ») et de 2010 à 2022 (jeu « récent »).

Les trois jeux de données sont liés entre eux selon l'année de recouvrement correspondant à une année de recensement agricole (2000, 2010). Plusieurs types de retraitements peuvent être effectués afin de reconstituer des séries statistiques cohérentes sans rupture de série, de périmètre géographique ou de catégorie animale.

### *R1 : Mise en cohérence des catégories animales*

Un premier retraitement a été effectué dans les cas où les catégorisations animales n'étaient pas identiques entre les deux séries 1989-2000 et 2000-2020, correspondant au « **Retraitement R1** » sur le schéma ci-dessus. Si une catégorie animale plus détaillée est disponible dans le jeu de données le plus proche (par exemple, pour les bovins autres que les vaches laitières et les vaches nourrices, la série historique ne donne qu'une valeur "ensemble espèce bovine", tandis que le jeu 2000-2020 fournit 13 catégories bovines différentes hors vaches laitières et nourrices), la répartition des différentes catégories animales de l'année 2000 est appliquée à la valeur agrégée disponible de 1989 à 1999.

### *R2 : Mise en cohérence des séries temporelles*

Un second retraitement, nommé « **retraitement R2** » a été effectué pour s'assurer de la cohérence des séries sur la période. Pour une même catégorie animale, à chaque année pivot (2000, 2010) si le

décalage entre l'ancienne et la nouvelle série est supérieur à 10% le jeu de donnée le plus ancien est corrigé sur la base de l'écart observé l'année pivot. Si l'écart entre l'ancienne et la nouvelle série est inférieur à 10% aucun retraitement n'est effectué et la série historique est conservée.

### R3 : Mise en cohérence territoriale

Depuis 2016, le nombre de régions métropolitaines est passé de 22 à 13. Des nouvelles séries statistiques ont été publiées suite à cette modification, couvrant la période de l'année 2000 à l'année en cours. Les catégorisations proposées et les données d'effectifs dans ces nouvelles séries sont identiques à celles de la période 2000-2015. En revanche, le **périmètre géographique change**.

Les données pour les bovins, porcins, ovins et caprins sont disponibles par département (échelle territoriale en dessous de celle de la région), ce qui permet de reconstituer les anciennes régions, en agrégeant les départements pertinents. En revanche, pour les équins, volailles et lapins, les données ne sont disponibles qu'au niveau des nouvelles régions. Pour ces catégories, un retraitement, nommé « **Retraitement R3** » sur le schéma ci-dessus, a été effectué sur la base des données des anciennes séries SAA (année 2015) ainsi que des données du recensement agricole de 2020. La répartition du cheptel selon les anciennes régions évolue entre 2015 et 2020 pour tendre vers la répartition du recensement agricole puis reste stable entre 2020 et 2022. A noter que certaines régions sont restées stables suite à la réforme territoriale, notamment la Bretagne et les Pays de la Loire, ce dernier retraitement a donc un impact relativement limité sur les calculs d'émission qui suivent.

### Cas particulier des porcins :

Pour les porcins, cinq catégories sont distinguées dans la SAA : porcelets, jeunes porcs de 20 à moins de 50kg, porcs à l'engrais de 50kg et plus, truies de 50kg et plus, et verrats de 50kg et plus. Un travail de vérification de la cohérence entre effectifs et productions a été effectué, en comparant la chaîne d'effectifs « porcelets - jeunes porcs de 20 à moins de 50kg - porcs à l'engrais de 50kg et plus » avec les données de productions fournies par la SAA.

Suite à cette analyse, il est apparu que la catégorie « porcelets » proposée dans la SAA pouvait être surestimée, car la statistique est évaluée à un moment précis de l'année, moment durant lequel une catégorie peut être plus représentée qu'une autre du fait des durées différentes passées par stade d'élevage. Le retraitement suivant a été effectué pour refléter au mieux la situation réelle de l'élevage porcin :

- La catégorisation proposée par la SAA (porcelets, jeunes porcs de 20 à moins de 50kg, porcs à l'engrais de 50kg et plus) a été abandonnée au profit de la suivante, jugée plus pertinente pour l'application, par la suite, des méthodes d'estimation des émissions : porcelets non sevrés (<8kg), porcelets post sevrés (entre 8 et 30kg), porcs à l'engrais supérieur à 30kg.
- Les données d'effectifs des trois anciennes catégories de la SAA ont été sommées, puis réparties au prorata du temps passé par stade, méthode jugée plus fiable pour répartir les effectifs selon les nouvelles catégories définies. Ces temps passés par stade sont évalués à partir d'un outil développé par l'Institut du porc (IFIP) [759] permettant d'obtenir des courbes de croissance selon les poids d'entrée, de sortie et le gain moyen quotidien. Ces trois paramètres, qui varient depuis 1990, sont tirés des documents de Gestion Technico-économiques qui étaient publiés chaque année par l'IFIP jusqu'en 2016 [505]. Depuis, ces données ne sont plus publiques. Les données pour 2020 à 2022 ont été fournies directement par l'IFIP au Citepa, permettant d'estimer les années manquantes en interpolant les valeurs entre 2016 et 2020.

*A noter : la part du temps passé par stade ne varie pas fortement au cours du temps. Le temps passé au stade porcelets non sevrés (<8kg) sur la période varie entre 13,2% et 15,2%, celui passé au stade porcelets post sevrés (entre 8 et 30kg) varie entre 25,5% et 29%, et celui passé au stade porcs à l'engrais supérieur à 30kg varie entre 56,0% et 61,3%.*

Tableau 109 : Correspondances entre les catégories SAA et les catégories de l'inventaire pour les porcins

		Catégorisation choisie pour les inventaires*				
		Porcelets non sevrés (<8kg)	Porcelets post sevrés (entre 8 et 30kg)	Porcs à l'engrais supérieur à 30kg	Truies de 50kg et plus	Verrats de 50kg et plus
Catégorisation disponible dans la SAA	Porcelets	13.5%	25.9%	60.6%		
	Jeunes porcs de 20 à moins de 50kg					
	Porcs à l'engrais de 50kg et plus					
	Truies de 50kg et plus			100%		
	Verrats de 50kg et plus					100%

\*Les pourcentages d'allocation varient légèrement en fonction de l'année, ici sont présentés les % de 2022

Tableau 110 : Evolution du cheptel porcin détaillée par catégories fines (Métropole uniquement)

	Porcelets non sevrés (<8kg)	Porcelets post sevrés (entre 8 et 30kg)	Porcs à l'engrais supérieur à 30kg	Truies de 50kg et plus	Verrats de 50kg et plus
1990	1 656 368	3 165 714	6 155 534	1 211 482	64 977
1991	1 685 303	3 203 027	6 220 565	1 250 484	63 419
1992	1 726 208	3 381 927	6 546 366	1 318 557	61 993
1993	1 788 933	3 484 464	6 788 428	1 330 958	58 102
1994	1 850 500	3 486 505	6 995 987	1 353 282	56 618
1995	1 877 752	3 528 967	7 028 417	1 377 027	51 373
1996	1 884 547	3 657 137	7 342 192	1 422 397	48 626
1997	1 928 494	3 670 947	7 480 553	1 461 480	46 149
1998	1 956 664	3 670 524	7 672 421	1 445 856	45 451
1999	1 969 124	3 737 367	7 607 528	1 416 732	41 242
2000	2 001 455	3 792 497	7 699 389	1 416 393	41 070
2001	2 033 048	3 853 244	8 061 568	1 377 798	37 269
2002	2 028 444	3 771 033	8 126 937	1 347 839	34 407
2003	1 998 738	3 723 174	8 062 692	1 303 733	30 850
2004	1 970 532	3 735 046	7 971 266	1 266 606	28 557
2005	1 947 515	3 640 946	7 974 444	1 243 800	26 435
2006	1 908 341	3 612 018	7 944 803	1 228 652	22 492
2007	1 860 148	3 627 126	7 985 985	1 197 926	21 158
2008	1 860 920	3 635 164	7 927 273	1 170 533	21 693
2009	1 841 642	3 513 052	7 836 906	1 148 992	20 135
2010	1 822 851	3 515 122	7 721 556	1 105 064	19 257
2011	1 785 145	3 441 114	7 576 797	1 091 287	18 089
2012	1 773 533	3 377 961	7 493 490	1 059 195	17 562
2013	1 731 858	3 279 945	7 404 291	1 029 961	16 724
2014	1 709 691	3 234 647	7 343 007	1 022 297	15 926
2015	1 634 759	3 169 759	7 390 641	1 003 739	15 486
2016	1 569 098	3 035 191	7 110 702	971 492	14 501
2017	1 607 328	3 105 320	7 321 063	980 181	14 405
2018	1 652 443	3 188 590	7 564 792	999 538	14 142
2019	1 635 379	3 151 856	7 524 604	960 290	13 138
2020	1 634 563	3 146 517	7 558 836	952 435	13 199
2021	1 588 766	3 063 858	7 295 927	919 580	12 111
2022	1 516 015	2 920 858	6 826 656	861 651	11 911

Cheptels utilisés dans l'inventaire français

Ainsi, les différents retraitements effectués permettent de garantir une catégorisation stable depuis 1990, détaillée en 42 catégories, qui sont généralement agrégées par grandes catégories :

Tableau 111 : Catégories et sous-catégories de l'inventaire

Vaches laitières		
	Vaches nourrices	
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	
Autres bovins	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	
	Veaux de boucherie	
	Autres femelles de moins de 1 an	
	Autres mâles de moins de 1 an	
	Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)
		Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)
Verrats de 50 kg et plus		
Porcs à l'engrais (>30kg)		
Truies de 50 kg et plus		
Caprins	Chevrettes	
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	
	Autres caprins (y compris boucs)	
Ovins	Agnelles	
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	
	Autres ovins (y compris béliers)	
Chevaux	Chevaux de selle, sport, loisirs et course	
	Chevaux lourds	
Mules et ânes		
	Anes, mulets, bardots	
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couvrir	
	Poules pondeuses d'œufs de consommation	
	Poulettes	
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	
	Canards à gaver	
	Canards à rôtir	
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	
	Pintades	
	Cailles d'élevage	
	Autres	Lapines reproductrices
		Cervidés d'élevage ( <i>uniquement en Nouvelle-Calédonie</i> )

Il faut noter que cette catégorisation, à partir de laquelle les calculs sont effectués au sein de PACRETE, est plus fine que les catégories CRF/NFR. Cela pourra être à l'origine de variations des facteurs d'émission agrégés d'une année sur l'autre au niveau des catégories CRF/NFR, car les proportions des effectifs des catégories fines peuvent varier au sein d'une catégorie agrégée CRF/NFR.

Tableau 112 : Cheptels bovins, porcins, ovins et caprins au périmètre Métropole sur la période 1990-2022

	Vaches laitières	Autres bovins	Truies	Autres porcins	Ovins	Caprins
1990	5 303 480	16 246 006	1 211 482	11 042 593	11 334 278	1 232 894
1991	5 024 233	16 220 412	1 250 484	11 172 314	10 967 469	1 220 332
1992	4 756 075	16 041 694	1 318 557	11 716 494	10 683 814	1 184 785
1993	4 633 673	15 953 888	1 330 958	12 119 927	10 428 362	1 161 966
1994	4 606 370	15 985 309	1 353 282	12 389 611	10 353 781	1 150 612
1995	4 516 234	16 165 858	1 377 027	12 486 509	10 240 268	1 189 207
1996	4 425 902	16 223 181	1 422 397	12 932 501	10 117 689	1 202 009
1997	4 317 576	16 025 659	1 461 480	13 126 143	9 935 593	1 197 454
1998	4 258 850	15 929 556	1 445 856	13 345 060	9 822 174	1 199 625
1999	4 217 233	15 986 399	1 416 732	13 355 260	9 681 501	1 196 352
2000	4 324 327	17 082 649	1 416 393	13 534 411	9 531 789	1 208 937
2001	4 338 753	16 952 458	1 377 798	13 985 128	9 406 675	1 234 174
2002	4 267 138	16 306 965	1 347 839	13 960 821	9 317 023	1 243 197
2003	4 117 743	15 728 543	1 303 733	13 815 454	9 271 897	1 248 051
2004	4 034 857	15 557 356	1 266 606	13 705 401	9 172 407	1 243 990
2005	3 972 964	15 522 509	1 243 800	13 589 341	9 092 786	1 263 687
2006	3 882 195	15 724 531	1 228 652	13 487 654	8 848 397	1 282 616
2007	3 869 936	15 957 618	1 197 926	13 494 416	8 549 448	1 287 026
2008	3 849 945	16 164 271	1 170 533	13 445 050	8 146 265	1 299 088
2009	3 741 557	16 095 815	1 148 992	13 211 735	8 046 208	1 358 125
2010	3 712 082	15 730 129	1 105 064	13 078 786	7 945 548	1 394 482
2011	3 660 262	15 314 599	1 091 287	12 821 144	7 639 748	1 344 058
2012	3 639 469	15 252 505	1 059 195	12 662 546	7 452 991	1 277 555
2013	3 693 627	15 295 533	1 029 961	12 432 818	7 248 536	1 259 117
2014	3 694 792	15 447 340	1 022 297	12 303 271	7 202 562	1 256 363
2015	3 657 531	15 622 936	1 003 739	12 210 645	7 097 883	1 242 142
2016	3 630 695	15 615 767	971 492	11 729 493	7 088 891	1 230 328
2017	3 590 772	15 236 692	980 181	12 048 116	6 956 123	1 257 022
2018	3 548 634	14 952 937	999 538	12 419 967	7 090 458	1 285 241
2019	3 484 840	14 565 917	960 290	12 324 977	7 014 026	1 290 331
2020	3 400 058	14 300 694	952 435	12 353 115	6 951 438	1 373 535
2021	3 321 276	13 903 321	919 580	11 960 662	6 903 831	1 361 292
2022	3 228 615	13 647 984	861 651	11 275 440	6 529 282	1 322 710

Tableau 113 : Cheptels équins, volailles et lapines au périmètre Métropole sur la période 1990-2022

	Chevaux	Mules et ânes	Poules	Poulets	Autres volailles	Lapines reproductrices
1990	234 429	11 848	73 331 048	125 345 000	68 489 827	2 162 000
1991	238 701	12 348	74 419 974	128 330 000	70 718 169	2 116 000
1992	244 041	12 702	76 133 134	129 187 000	73 384 617	2 144 000
1993	251 434	13 890	74 819 468	135 085 000	75 389 634	1 996 000
1994	257 424	14 608	74 761 891	136 114 000	77 158 144	1 791 000
1995	267 269	16 213	77 400 716	134 071 000	80 656 219	1 662 000
1996	275 126	17 875	77 508 465	140 056 000	81 449 512	1 617 000
1997	286 898	19 281	78 726 724	143 514 000	83 383 088	1 513 000
1998	294 862	20 842	79 919 685	144 210 000	84 475 231	1 461 000
1999	302 612	24 407	79 022 100	135 734 000	84 292 051	1 446 000
2000	317 239	26 908	77 223 000	128 040 000	84 600 000	1 365 000
2001	317 862	28 284	78 705 000	131 613 000	87 692 000	1 324 000
2002	331 217	28 608	78 406 000	129 709 000	85 775 000	1 281 000
2003	332 669	29 949	77 434 000	132 661 000	81 336 000	1 184 000
2004	334 858	30 225	74 306 000	128 538 000	76 659 000	1 169 000
2005	334 810	30 548	74 071 000	127 050 000	73 559 000	1 118 000
2006	331 629	30 676	71 661 000	121 942 000	75 193 000	1 043 000
2007	332 361	29 844	72 680 000	129 088 000	76 061 000	1 044 000
2008	333 559	29 205	74 222 000	132 796 000	73 933 000	998 000
2009	334 318	29 387	75 568 000	138 290 000	70 920 000	877 000
2010	334 747	30 206	76 828 000	141 679 000	70 375 000	860 000
2011	336 016	30 403	71 859 000	147 974 000	70 591 000	837 000
2012	328 806	28 902	75 986 000	150 346 000	68 616 000	791 000
2013	323 527	28 542	83 626 000	152 268 000	67 039 000	765 000
2014	321 638	26 686	84 671 000	151 981 000	68 422 000	760 000
2015	314 856	26 172	84 968 000	155 366 000	68 961 000	738 000
2016	300 662	25 136	84 972 000	153 972 000	65 271 000	663 000
2017	298 029	24 328	85 433 000	153 528 000	63 003 000	611 000
2018	295 995	23 516	81 160 000	152 063 000	63 974 000	569 000
2019	291 427	22 775	80 488 000	150 883 000	62 470 000	511 000
2020	289 266	21 034	82 968 000	151 538 000	57 482 000	418 000
2021	290 022	20 916	85 846 000	148 072 000	53 869 000	406 000
2022	288 034	20 690	86 376 000	140 111 000	43 410 000	383 000



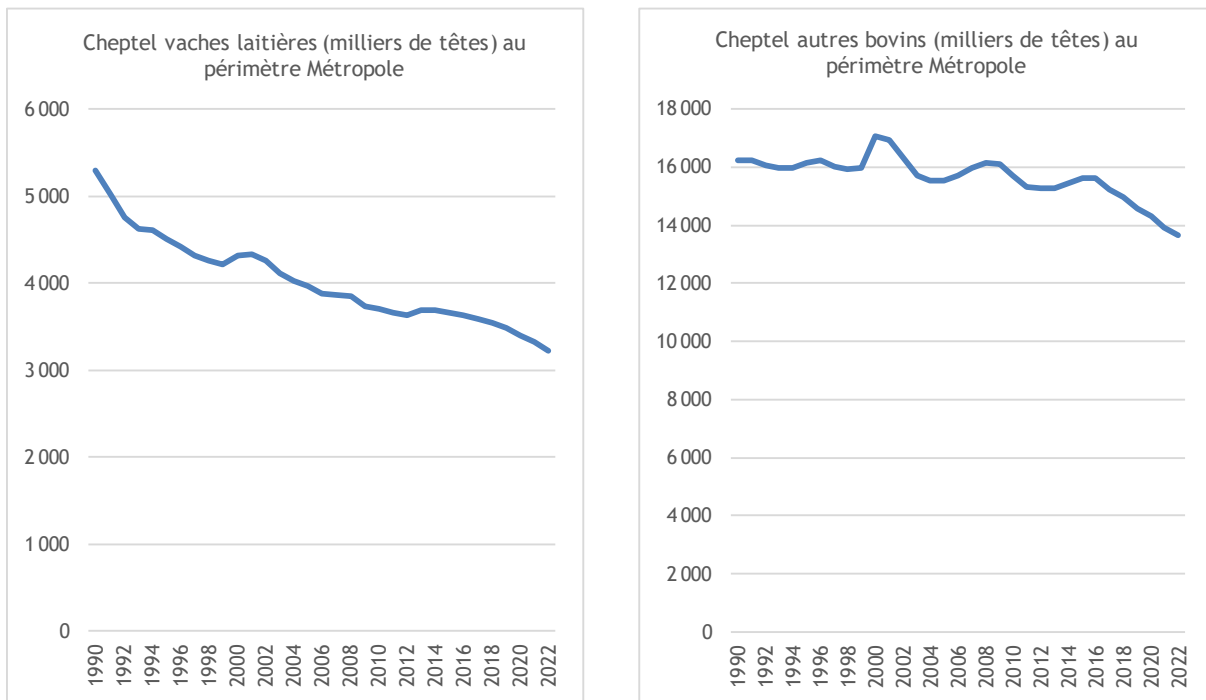
Évolution des cheptels sur la période

Figure 116 : Évolution des cheptels bovins au périmètre Métropole

Depuis la mise en place des quotas laitiers en 1984, le cheptel des vaches laitières en France est en diminution progressive. Le troupeau est en revanche de plus en plus performant, ce qui permet le maintien de la production de lait sur la période. D'après l'Idèle, la suppression des quotas laitiers en 2015 n'a eu qu'un effet conjoncturel de rétention des vaches par les éleveurs sur les 2 années qui l'ont précédée. La dynamique de décroissance a repris ensuite en raison d'une incitation à produire limitée par les opérateurs d'aval mais également d'un manque de main d'œuvre dans les exploitations laitières. En effet, on a assisté ces dernières années à une accélération de la baisse du nombre de chefs d'exploitation sans augmentation du nombre de salariés.

Pour les effectifs d'autres bovins, on assiste, depuis l'année 2000, à une légère érosion des effectifs qui s'accroît sur les dernières années. L'Idèle indique que l'accélération de la décapitalisation en vaches allaitantes est notamment liée au manque de rentabilité de l'activité au regard du travail et du capital engagés. Les cessations de plus en plus nombreuses du fait du vieillissement de la population ne sont plus compensées par des installations qui elles sont tout juste stables. En outre, de moins en moins de vaches libérées par les uns sont reprises par les autres, la dynamique de croissance des troupeaux touchant ses limites en termes de travail, d'autonomie alimentaire, et de sens du métier. Ainsi, la tendance générale constatée en bovins est une décapitalisation progressive du cheptel qui devrait se poursuivre dans les prochaines années.

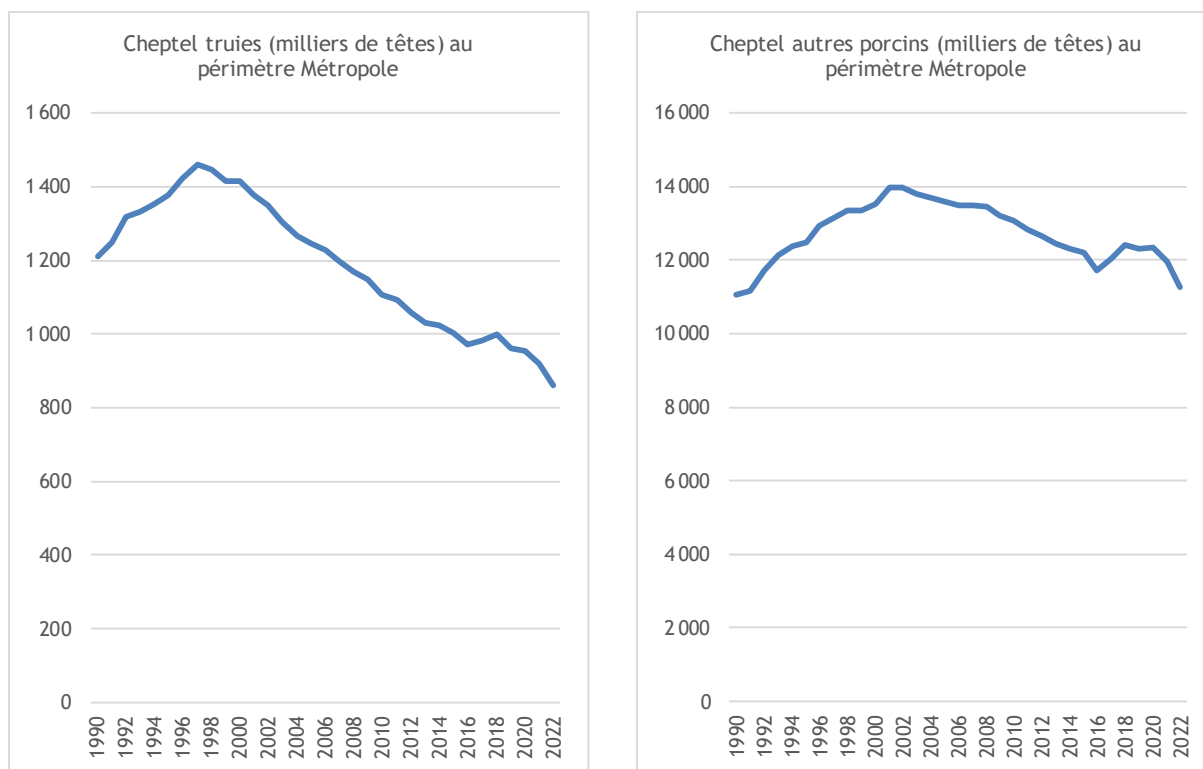


Figure 117 : Évolution des cheptels porcins au périmètre Métropole

Le début de la période est marqué par une production porcine dynamique, avec la création de nombreux élevages modernes et performants. Cette forte croissance s'est vue stoppée à la fin des années 90, en lien d'après l'IFIP, avec le développement des mesures de protection de l'environnement décidées dans le cadre de l'application de la directive Nitrates. La baisse du cheptel des truies amorcée dès 1998, entraîne une baisse du cheptel des autres porcins qui est cependant amoindrie du fait d'une amélioration de la productivité des truies. Puis, cette diminution des cheptels porcins s'est accélérée à partir de 2008, en lien d'après l'IFIP avec une perte de rentabilité des élevages liée à la flambée des prix des matières premières et d'un prix du porc sous pression avec la fermeture du marché russe (fin 2014) et la croissance de la production en Allemagne et en Espagne. La structure des élevages a beaucoup évolué sur la période, avec la disparition progressive des petits élevages de moins de 100 porcs. Un début de relance s'est amorcé depuis 2017, probablement du fait des bonnes conjonctures de 2016 et 2017 qui ont pu ralentir le rythme des arrêts d'activité, et d'un certain retour à l'investissement noté en 2017. En 2019, le contexte est favorable pour les éleveurs français avec un prix mondial du porc qui s'inscrit en forte hausse en lien avec la fièvre porcine africaine qui a décimé près de la moitié du cheptel chinois. En 2020-2021, la pandémie de Covid-19 perturbe les marchés exports et le débouché restauration hors domicile (RHD). En 2022 le cheptel porcine se replie dans un contexte de forte hausse des coûts de production (guerre en Ukraine) et d'une dégradation du solde commercial (baisse des exportations vers la Chine).

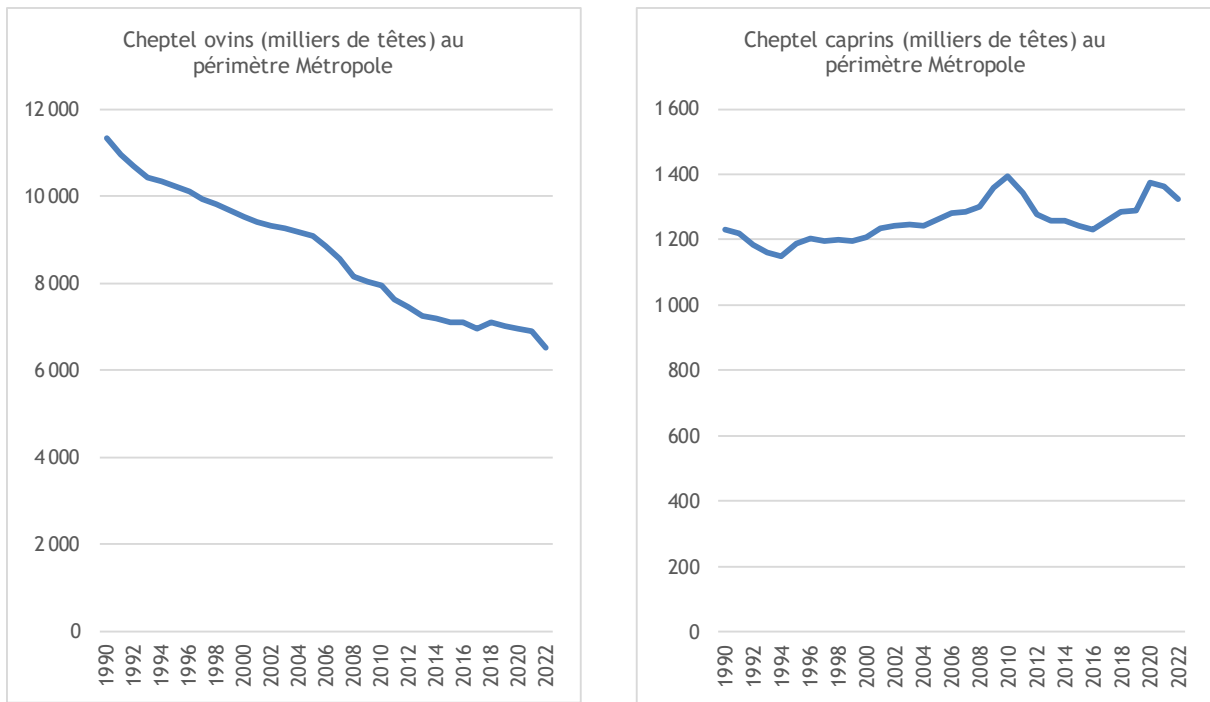


Figure 118 : Évolution des cheptels ovins et caprins au périmètre Métropole

Le cheptel ovin n'a cessé de baisser depuis 1990. Cette baisse peut s'expliquer par les crises sanitaires subies par la filière (fièvre aphteuse en Grande Bretagne en 2001 ; fièvre catarrhale ovine en 2008-2009), mais aussi par des facteurs économiques et climatiques (sécheresse en 2003 et en 2011 affectant les pâturages, hausse des coûts de l'alimentation, cours de l'agneau plus ou moins élevé). Tout cela pousserait certains éleveurs à privilégier d'autres filières agricoles plus rémunératrices.

Concernant le cheptel caprin, il est relativement stable sur la période. Le pic constaté en 2010 s'explique par la mise en place d'un plan de pérennisation de la filière et d'une reprise de la collecte par les entreprises de transformation. Après ce pic, ces entreprises ont souhaité maîtriser la collecte, entraînant alors la réduction du cheptel. S'ajoute à ce moment-là la crise du lait de chèvre : la consommation des ménages se replie du fait de la crise économique, entraînant des disponibilités trop importantes de lait de chèvre faisant alors chuter son prix. Parallèlement, les mauvaises conditions climatiques entre 2010 et 2013 affectent la production de fourrages, poussant les éleveurs à acheter plus d'aliments composés à prix élevés, impactant directement leur revenu. Entre 2016 et 2020, le cheptel repart à la hausse du fait d'une amélioration de la conjoncture puis reprend une dynamique baissière dans un contexte de coûts de production élevés (prix de l'aliment, guerre en Ukraine).

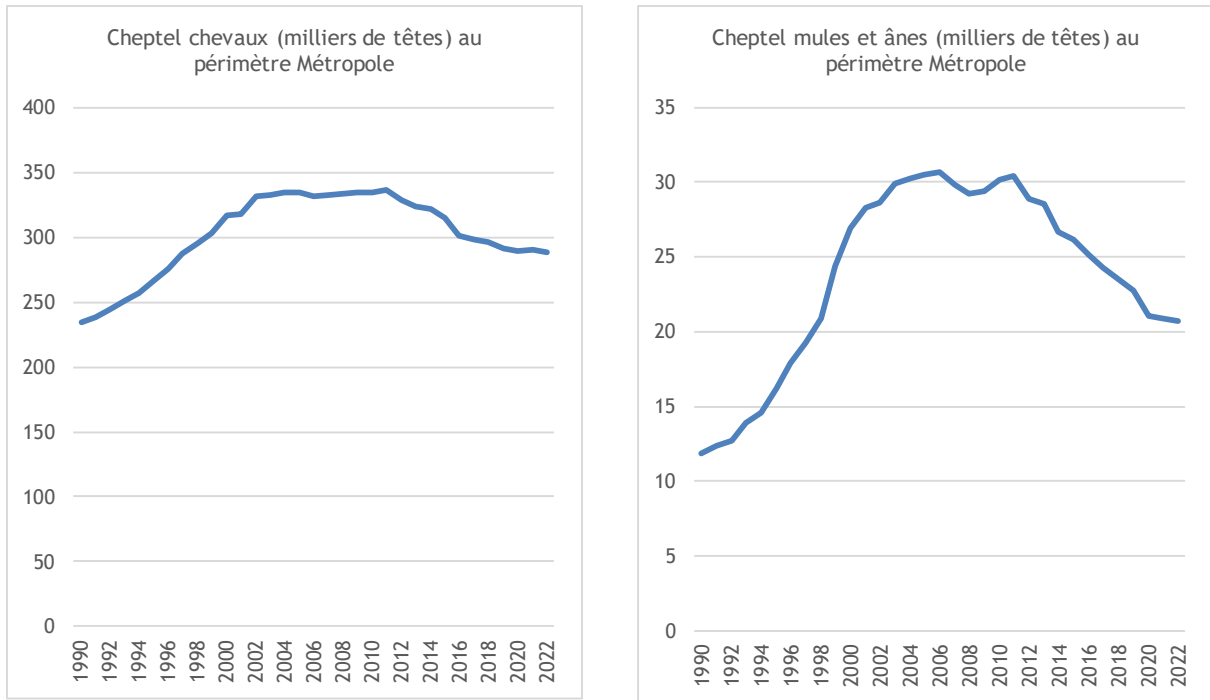


Figure 119 : Evolution des cheptels équin au périmètre Métropole

En plein essor jusque dans les années 2000, le cheptel équin a vu sa croissance ralentir principalement du fait d'un contexte économique difficile. La production de chevaux subit une diminution importante, et depuis 2013, les activités équestres sont également en baisse.

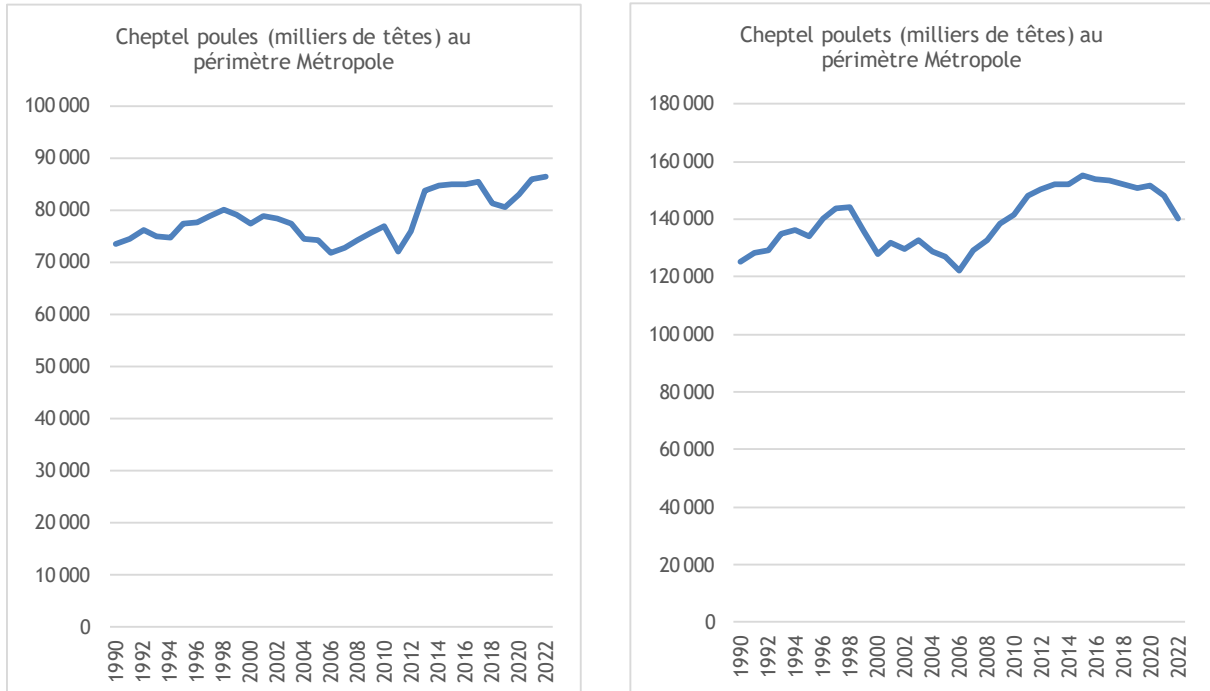


Figure 120 : Evolution des cheptels poules et poulets au périmètre Métropole

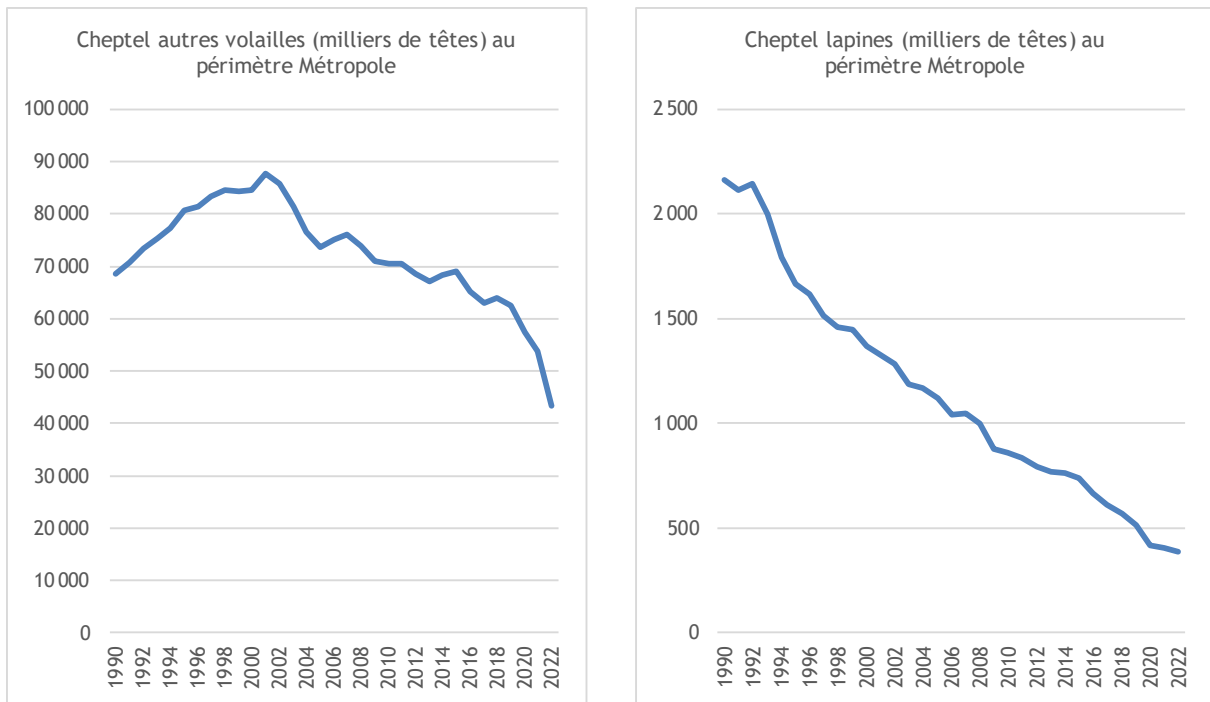


Figure 121 : Evolution des cheptels autres volailles et lapines au périmètre Métropole

Entre 1990 et 2012, le cheptel des poules pondeuses est relativement stable et majoritairement élevé en cages. L'application, en 2012, de la directive 1999/74/CE visant à une mise aux normes des élevages de poules pondeuses en cage s'est déroulée rapidement en France et a été l'occasion pour de nombreux éleveurs d'agrandir leurs élevages. Ceci explique le recul du cheptel en 2012 et la hausse en 2013. Depuis 2013, la filière ponte voit évoluer ses modes d'élevage avec un repli des effectifs en cage au profit des autres segments (sol, plein-air, label rouge et bio). Entre 2016 et 2021 on observe une accélération de cette transition des modes d'élevage de pondeuses qui s'accompagne d'une hausse de production. En 2022, le secteur ponte est lourdement affecté par une crise influenza aviaire dans un contexte déjà marqué par la hausse des coûts de production.

Les effectifs de poulets de chair sont en hausse, depuis les années 60 en lien avec un développement du marché intérieur et de l'export vers les marchés européens. À la fin des années 90, la France est concurrencée sur son débouché export du fait d'un déficit de compétitivité vis-à-vis d'acteurs émergents tels que le Brésil ou la Thaïlande qui approvisionnent de plus en plus les marchés européens en produits à droits de douane réduits (viandes saumurées, préparations cuites). Le cheptel s'inscrit ainsi en repli entre 1998 et 2006. À partir de 2006, les exportations d'entiers congelés progressent vers les pays du Proche et Moyen Orient (Arabie Saoudite notamment) et contribuent à faire progresser le cheptel malgré une hausse conjointe des importations. La fin des restitutions aux exportations (qui consistent à compenser la différence entre les prix communautaires et les prix mondiaux en subventionnant l'exportation de certains produits agricoles) décidée en 2013, engendre un net recul de cette filière dite du « grand export ». La stabilité du cheptel, entre 2013 et 2020, masque des mutations entre repli du poulet léger (pour l'export), stratégie de reconquête du marché national en déficit de compétitivité sur la découpe et montée en gamme des produits (bien-être animal). En 2020, la production de poulet résiste à la pandémie de Covid-19 qui affecte surtout le marché RHD (Restauration Hors Domicile) fortement importateur de poulet origine UE. Le cheptel se stabilise en 2021 malgré la reprise de consommation post-covid, la filière française étant concurrencée par des importations UE. En 2022, le cheptel s'inscrit à la baisse dans un contexte marqué par l'influenza aviaire et le maintien d'une pression concurrentielle à l'import.

La dinde constitue le principal moteur des évolutions pour la catégorie autres volailles. Le repli observé depuis les années 2000 s'explique d'abord par le net recul des exportations sur la période 2000-2006 vers l'Allemagne, puis vers l'Espagne depuis 2006, les deux pays ayant développé leur production intérieure. En 2021 et 2022, la production de dinde continue de se replier.

Le cheptel de palmipèdes fait quant-à-lui face à des épizooties successives d'influenza aviaire depuis 2015 orchestrant un recul du cheptel qui se poursuit jusqu'en 2022. En 2020, les filières canard à rôti, canard gras, pintades et petites volailles (pigeons, cailles...) ont été durement affectées par la pandémie de Covid-19 et la fermeture des débouchés en RHD et à l'export.

La filière cunicole française est en repli depuis de nombreuses années en lien avec un repli de la consommation par habitant. À cette tendance de déconsommation progressive s'ajoutent des épisodes fréquents de crises sanitaires depuis 2016 avec la résurgence de la maladie hémorragique virale du lapin (VHD) qui fragilisent la filière.

### ***Systèmes de gestion des déjections animales - Les enquêtes***

L'étude des Systèmes de Gestion des Déjections Animales (SGDA) permet d'obtenir des données essentielles pour la réalisation des inventaires notamment :

- les temps passés en bâtiment et à l'extérieur (pâturages, parcours),
- la répartition des effluents entre systèmes (fumier, lisier, litière accumulée).

Ces informations sont en grande partie issues des enquêtes bâtiments d'élevage [480] et des enquêtes pratiques d'élevage [980] réalisées périodiquement par le service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère de l'Agriculture.

Ces enquêtes sont réalisées par visite d'un enquêteur dans les élevages et portent notamment sur le mode de construction des bâtiments, le mode de logement, les caractéristiques des ouvrages de stockage des déjections, etc. Les résultats de ces enquêtes fournissent ainsi la représentativité des différents modes de stabulation et types de sol pour les différentes catégories animales.

**Les enquêtes bâtiment** couvrent les années 1994, 2001 et 2008. Elles concernent les bovins, les porcins, les caprins, les ovins et les volailles et sont disponibles à l'échelle des **anciennes régions**. **L'enquête pratiques d'élevage** couvre l'année 2015 et s'inscrit dans la continuité de ces enquêtes bâtiment. Elle a été renommée car les aspects couverts sont plus larges (alimentation des animaux, pratiques sanitaires, soins aux animaux, main d'œuvre). Elle concerne les bovins, les porcins, les caprins, les ovins et les volailles et est disponible à l'échelle des **nouvelles régions**.

A noter : en complément de ces enquêtes, certaines données issues du Recensement agricole 2020 [1249] ont également été mobilisées. En particulier, ont été intégrées les données concernant les effectifs en plein-air intégral pour les vaches laitières et allaitantes.

Le détail des hypothèses et traitement des données utilisées pour la définition des SGDA est décrite en Annexe 2.

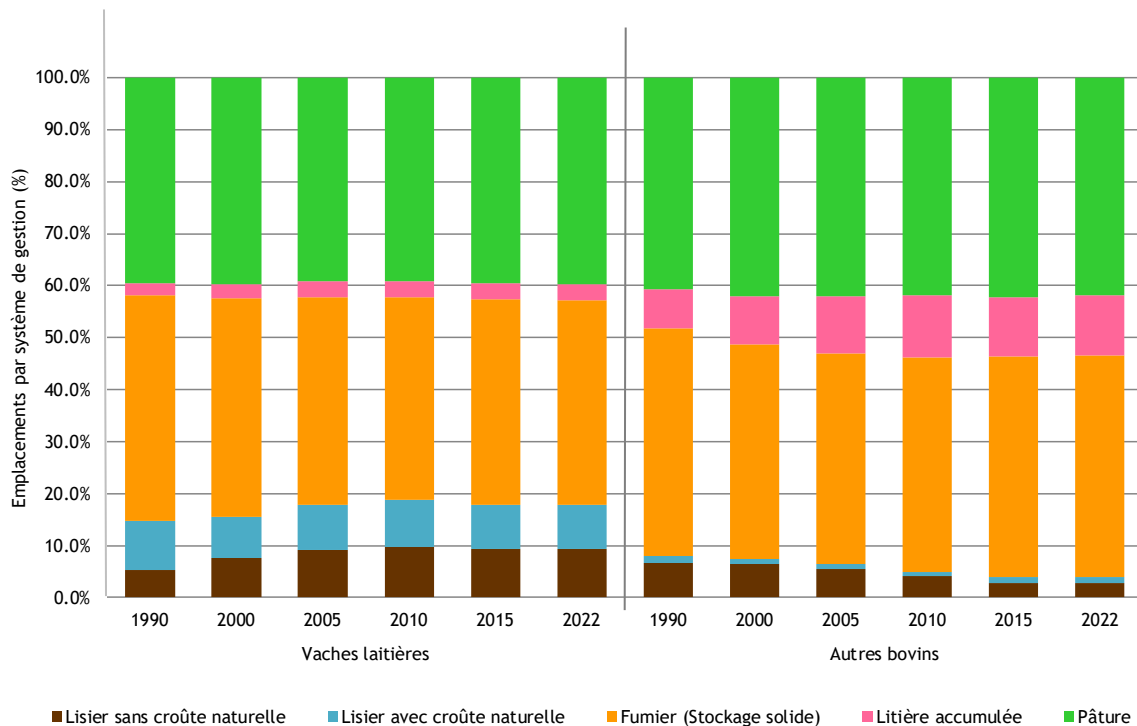
**Systèmes de gestion des déjections animales - Les résultats obtenus**

Pour les bovins, 5 systèmes de gestion des déjections sont distingués :

- Lisier sans croûte naturelle ;
- Lisier avec croûte naturelle ;
- Fumier (stockage solide) ;
- Litière accumulée : pendant moins d'un mois pour les vaches laitières et pendant plus d'un mois pour les autres bovins ;
- Pâturation.

**Tableau 114 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins (périmètre Métropole)**

		Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Litière accumulée	Pâturation
Vaches laitières	1990	5.4%	9.4%	43.5%	2.4%	39.4%
	2000	7.7%	7.9%	42.0%	2.7%	39.7%
	2005	9.1%	8.7%	40.0%	3.0%	39.2%
	2010	9.7%	9.2%	38.9%	3.1%	39.1%
	2015	9.3%	8.6%	39.5%	3.0%	39.6%
	2022	9.3%	8.6%	39.4%	3.0%	39.8%
Autres bovins	1990	6.6%	1.4%	43.8%	7.6%	40.6%
	2000	6.3%	1.0%	41.3%	9.4%	42.0%
	2005	5.6%	0.9%	40.5%	11.0%	42.1%
	2010	4.0%	0.9%	41.2%	11.9%	41.9%
	2015	2.8%	1.1%	42.4%	11.4%	42.2%
	2022	2.8%	1.1%	42.7%	11.5%	41.9%



Source Citepa / format Ominea - février 2024

Graph\_OMINEA\_3.xls/SGDA

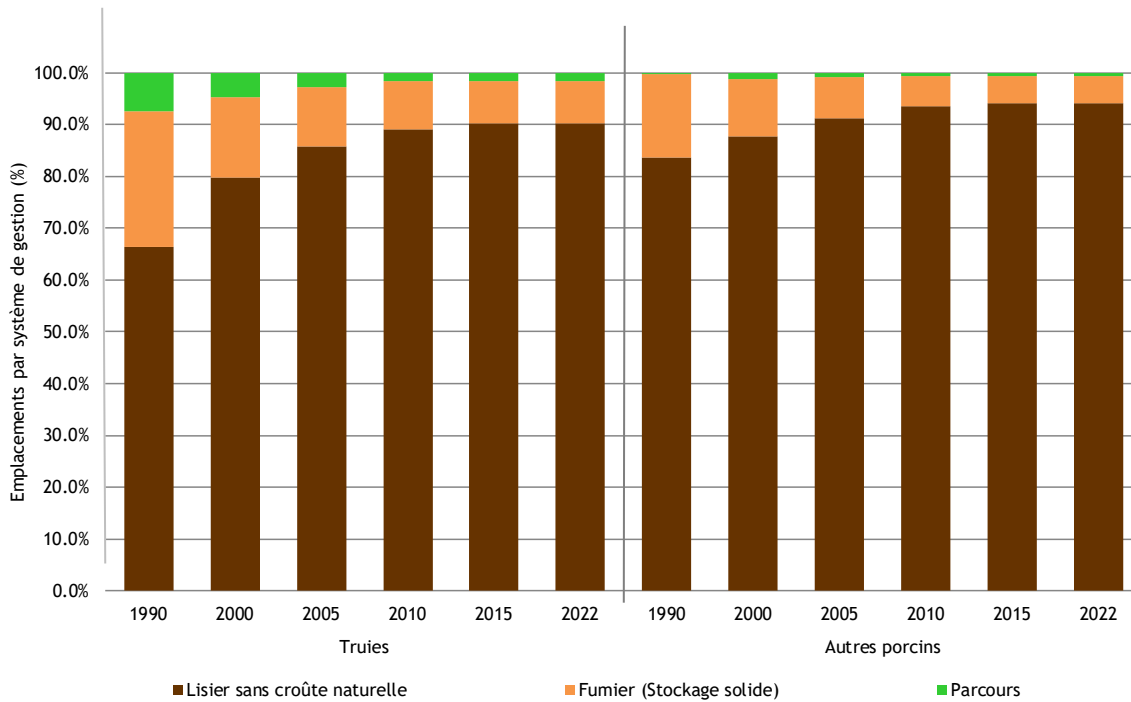
**Figure 122 : Répartition entre types d'effluents pour les bovins (périmètre Métropole)**

Pour les autres animaux, 3 systèmes de gestion des déjections sont distingués :

- Lisier sans croûte naturelle ;
- Fumier (stockage solide) ;
- Pâturation/parcours.

**Tableau 115 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins (périmètre Métropole)**

		Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Parcours
Truies	1990	66.4%	26.1%	7.5%
	2000	79.7%	15.6%	4.7%
	2005	85.8%	11.5%	2.7%
	2010	89.1%	9.3%	1.6%
	2015	90.3%	8.1%	1.6%
	2022	90.4%	8.0%	1.6%
Autres porcins	1990	83.7%	16.0%	0.3%
	2000	87.7%	11.2%	1.1%
	2005	91.2%	7.9%	0.8%
	2010	93.5%	6.0%	0.5%
	2015	94.1%	5.4%	0.5%
	2022	94.2%	5.3%	0.5%



Source Citepa / format Ominea - février 2024

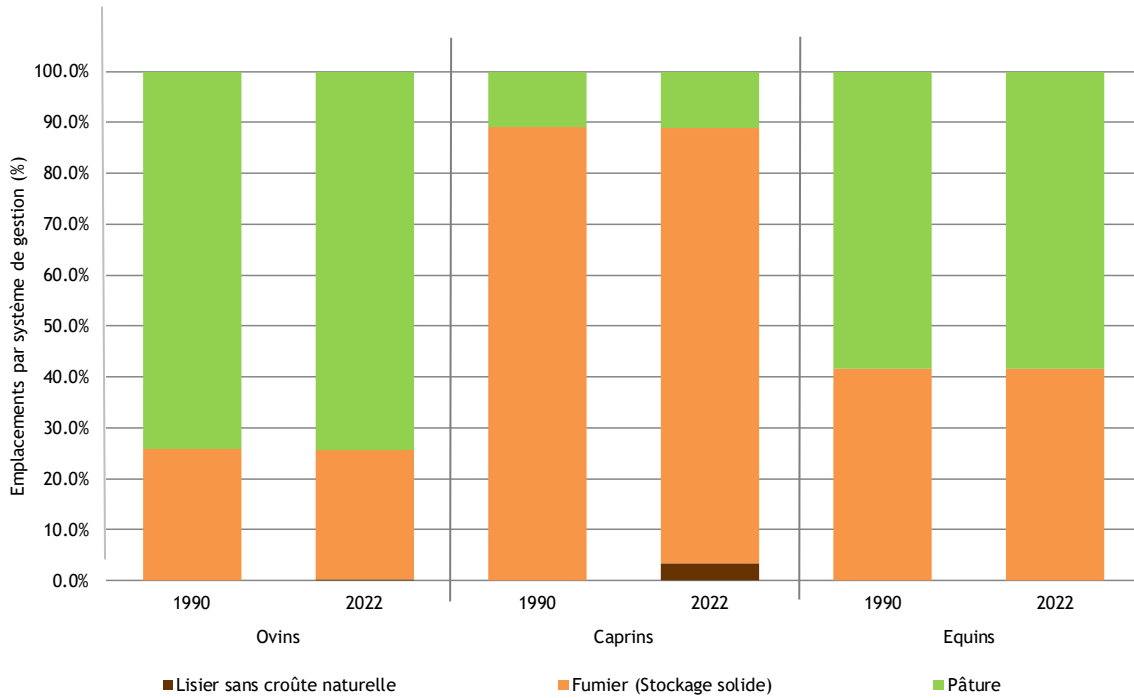
Graph\_OMINEA\_3.xls/SGDA

**Figure 123 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins (périmètre Métropole)**

**Tableau 116 : Répartition des systèmes de gestion des déjections ovins, caprins, équins (périmètre Métropole)**

		Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Pâture
Ovins	1990	0.0%	25.9%	74.1%
	2022	0.3%	25.5%	74.3%
Caprins	1990	0.0%	89.0%	11.0%
	2022	3.3%	85.6%	11.0%
Equins	1990	0.0%	41.7%	58.3%
	2022	0.0%	41.7%	58.3%





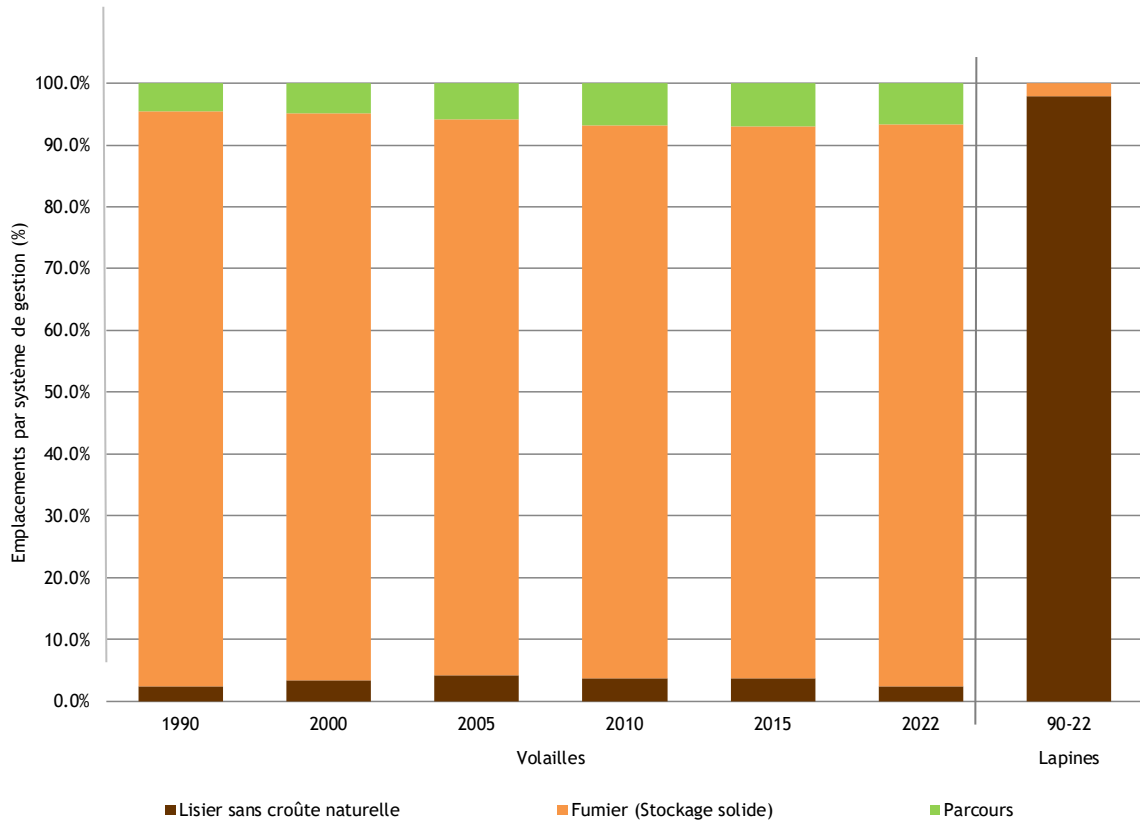
Source Citepa / format Ominea - février 2024

Graph\_OMINEA\_3.xls/SGDA

Figure 124 : Répartition des systèmes de gestion des déjections ovins, caprins, équins (périmètre Métropole)

Tableau 117 : Répartition des systèmes de gestion des déjections volailles et lapines (périmètre Métropole)

		Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Parcours
Volailles	1990	2.5%	93.0%	4.5%
	2000	3.4%	91.7%	4.9%
	2005	4.2%	90.0%	5.8%
	2010	3.7%	89.6%	6.8%
	2015	3.7%	89.3%	7.0%
	2022	2.5%	90.8%	6.7%
Lapines	90-22	98.0%	2.0%	0.0%



Source Citepa / format Ominea - février 2024

Graph\_OMINEA\_3.xls/SGDA

Figure 125 : Répartition des systèmes de gestion des déjections volailles et lapines (périmètre Métropole)

### Méthanisation agricole

La méthanisation agricole se développe en France de façon importante depuis les dix dernières années (Figure 126). La base de données SINOE de l'Ademe [798] (<https://www.sinoe.org/>), qui permet de suivre le nombre de méthaniseurs en activité par mode de gestion, dénombre 1 208 méthaniseurs agricoles (à la ferme + centralisés) en 2022. Les activités de méthanisation affectent les émissions au niveau de la gestion des déjections et au niveau de l'épandage des digestats. Afin d'intégrer ces effets dans l'inventaire, l'objectif est d'établir un suivi des intrants valorisés en méthanisation à l'échelle régionale pour en déduire des quantités d'effluents méthanisés et des quantités de digestats épandus.

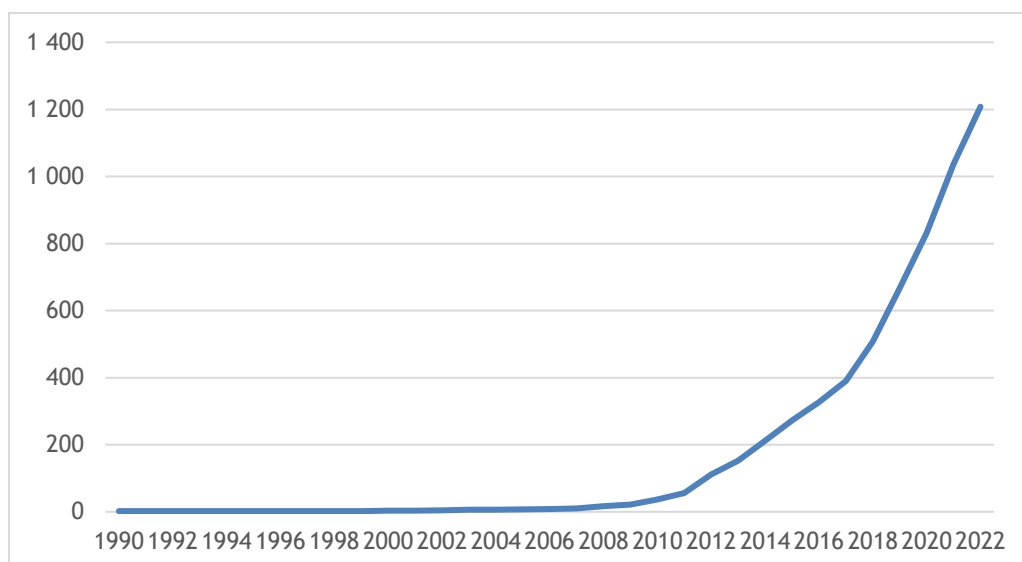


Figure 126 : Evolution du nombre de sites de méthanisation agricole en France

#### Mode de calcul des quantités et du type d'intrants méthanisés

La quantité totale d'effluents d'élevage méthanisés est estimée sur la base du nombre de méthaniseurs agricoles en activité par mode de gestion en mobilisant la base de données SINOE [798] d'une estimation du tonnage d'intrant moyen par méthaniseur.

Les tonnages d'intrants moyens par méthaniseur sont calculés à l'échelle régionale sur la base de données régionales (Observatoires de la méthanisation, DREAL, chambres d'agriculture, ADEME...) ou à partir d'une base de données partielle, constituée au Citepa, méthaniseur par méthaniseur pour la quantité d'effluents d'élevage (données constructeur, déclarations ICPE, communication professionnelle...) pour la période 1990-2020 (525 méthaniseurs). Lorsque qu'elles existent les sources qui fournissent des quantités d'intrants spécifiques à partir d'enquêtes régionales sur les installations de méthanisation sont privilégiées, toutefois ces données étant parfois partielles ou incomplètes par rapport aux besoins de l'inventaire, des traitements complémentaires ont été apportés.

Les différentes sources mobilisées pour le calcul de la ration sont listées au niveau du tableau suivant.

Tableau 118 : Sources de données régionales mobilisées pour l'estimation des quantités d'intrants méthanisés

Région	Source	Année	Référence
Auvergne-Rhône-Alpes	DREAL AURA	2020, 2021	[1236]
Bourgogne-Franche-Comté	ADEME	2019	[1158]
Bretagne	Association AILE	2021-2023	[1237]
Centre-Val de Loire	Citepa	2020	
Grand Est	Ademe	2022	
Hauts de France	Citepa	2020	
Ile-de-France	AREC IDF	2022	[1239]
Normandie	Chambre d'agriculture Normandie	2020	[1240]
Occitanie	Citepa	2020	
PACA	Citepa	2020	
Pays de la Loire	Association AILE, DREAL PDL	2019-2023	[1159] [1241]
Nouvelle-Aquitaine	AREC NA	2018	[1168]

Une ration d'un méthaniseur moyen est donc établie à l'échelle régionale avant d'obtenir une ration nationale (Figure 127 et Figure 128) Lorsque l'information est disponible au niveau de l'ancienne région, celle-ci est renseignée, sinon la même ration est appliquée à l'ensemble des sous régions. Pour une année i, une région r et un type d'intrant k on obtient l'équation suivante :

$$\text{Intrants méthanisés}_{i,r,k} = \text{Nombre de méthaniseurs}_{i,r} * \text{Tonnages intrants moyens}_{i,r,k}$$

En 2022 on dénombre ainsi 1208 méthaniseurs agricoles valorisant 17,2 millions de tonnes de matière brute à 46 % constituée d'effluents d'élevage. Les fourchettes d'intrants obtenus sont très larges et reflètent la diversité des modèles de méthanisation (taille, typologie, équipements...). En revanche, elles sont déterminées pour une année donnée lorsque les données sont disponibles mais ne reflètent pas les potentiels évolutions des plans d'approvisionnements, les aléas techniques... Des recherches complémentaires pourraient être poursuivies pour acquérir des références sur plusieurs années et pour les divers modèles de méthanisation.

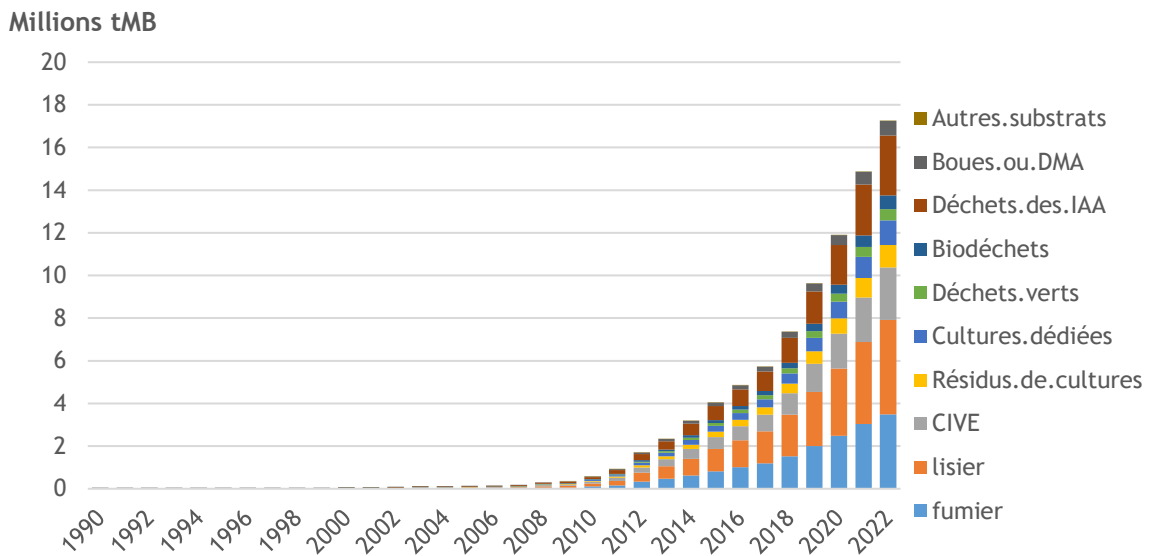


Figure 127. Estimation des quantités d'intrants alimentant les méthaniseurs agricoles en France. Source : Citepa d'après sources multiples : AILE, AREC, DREAL, ADEME...

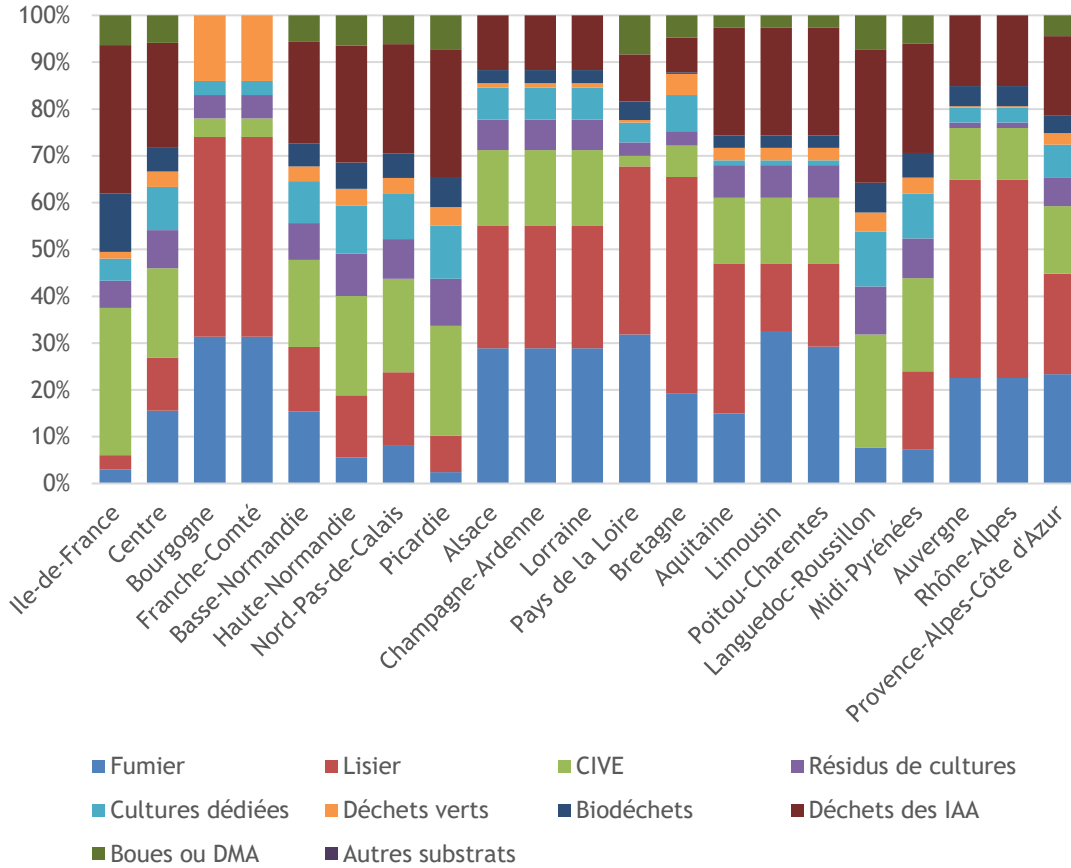


Figure 128. Estimation des ratios moyennes des méthaniseurs agricoles par ancienne région (avant réforme 2016) - Source : Citepa d'après sources multiples : AILE, AREC, DREAL, ADEME...

Intégration de la méthanisation comme système de gestion des déjections

Les quantités estimées d'effluents méthanisés sont intégrées en tant que mode de gestion des déjections animales dans le module de calcul PACRETE. La méthode consiste à estimer un cheptel (théorique) dont les déjections seraient entièrement dirigées vers la méthanisation. Il est donc nécessaire de convertir les données de tonnages d'effluents méthanisés en nombre d'animaux.

A cet effet, le gisement d'effluents théoriquement disponible pour la méthanisation est estimé sur la base de l'azote excrété au bâtiment, déterminé au sein du module PACRETE, puis converti en tonnages de matière brute (tMB) sur la base de références bibliographiques sur les teneurs en azote des effluents (Tableau 119). Aussi pour une région  $r$ , une catégorie d'élevage  $s$ , et un type d'effluent  $e$  :

$$gisement\ effluents_{r,s,e} = \frac{azote\ excrété\ par\ tête_{r,s,e}}{teneur\ en\ azote\ effluents_{s,e}}$$

L'excrétion moyenne d'effluents en tMB par tête d'animal et par type d'effluent est déduite du calcul du gisement et du cheptel.

$$quantité\ effluents\ par\ tête_{r,s,e} = \frac{gisement\ effluents_{r,s,e}}{cheptel_{r,s}}$$

La répartition régionale des intrants méthanisés par type d'effluent (fumier/lisier) est dérivée des données d'intrants méthanisés calculées précédemment et de la répartition régionale par espèce du gisement d'effluents.

$$intrants\ méthanisés_{r,s,e} = intrants\ méthanisés_{r,e} \times \frac{gisement\ effluents_{r,s,e}}{\sum_s gisement\ effluents_{r,s,e}}$$

On déduit ainsi le cheptel (théorique) dont les déjections sont entièrement méthanisées des intrants méthanisés régionaux et des quantités moyennes d'effluents par animal.

$$\text{cheptel méthanisé}_{r,s} = \frac{\text{intrants méthanisés}_{r,s,e}}{\text{quantité effluents par tête}_{r,s,e}}$$

Tableau 119. Teneur en azote retenue pour les effluents d'élevage de l'inventaire

Catégories inventaire (SAA)	Type d'effluent	Référence utilisée	Nom dans la référence	gN/kgMB
Bovins	lisier	[1230]	Lisier de bovins	3,4
	fumier litière accumulée	[1230]	Fumier de bovins sur litière accumulée	5,9
	fumier raclé	[1230]	moyenne fumier de bovin mou / compact	4,6
Ovins	fumier	[1230]	Fumier d'ovins	6,7
	lisier	[1230]	Lisier de bovins	3,4
Caprins	fumier	[1230]	Fumier de caprins	6,1
	lisier	[1230]	Lisier de bovins	3,4
Truies de 50 kg et plus	lisier	[1230]	Lisier de truies gestantes	2,2
	fumier	[1230]	Fumier de porcs charcutiers	9,4
Verrats de 50 kg et plus	lisier	[1230]	Lisier de porcs charcutiers	5,8
	fumier	[1230]	Fumier de porcs charcutiers	9,4
Porcelets non sevrés (<8kg)	lisier	[1230]	Lisier de porcs naisseur engraisseur	3,5
	fumier	[1230]	Fumier de porcs charcutiers	9,4
Porcelets sevrés de 8 à 30 kg	lisier	[1230]	Lisier de porcs naisseur engraisseur	3,5
	fumier	[1230]	Fumier de porcs charcutiers	9,4
Porcs à l'engrais de 30 kg et plus	lisier	[1230]	Lisier de porcs charcutiers	5,8
	fumier	[1230]	Fumier de porcs charcutiers	9,4
Poules pondeuses d'œufs à couvrir	fumier	[1230]	moyenne Fientes de pondeuses en cage / bio	30,8
	lisier	[1230]	Lisier de canard à rôtir	6,1
Poules pondeuses d'œufs de consommation	fumier	[1230]	moyenne Fientes de pondeuses en cage / bio	30,8
	lisier	[1230]	Lisier de canard à rôtir	6,1
Poulettes	fumier	[1230]	moyenne Fientes de pondeuses en cage / bio	30,8
	lisier	[1230]	Lisier de canard à rôtir	6,1
Poulets de chair	fumier	[1230]	Fumier poulet de chair conventionnel	21,9
	lisier	[1230]	Lisier de canard à rôtir	6,1
Canards à gaver	fumier	[1230]	Fumier poulet de chair conventionnel	21,9
	lisier	[1230]	Lisier de canard à gaver	4,6
Canards à rôtir	fumier	[1230]	Fumier poulet de chair conventionnel	21,9
	lisier	[1230]	Lisier de canard à rôtir	6,1
Dindes et dindons	fumier	[1230]	Fumier dinde	25,5
	lisier	[1230]	Lisier de canard à rôtir	6,1
Oies	fumier	[1230]	Fumier poulet de chair conventionnel	21,9
	lisier	[1230]	Lisier de canard à gaver	4,6
Pintades	fumier	[1230]	Fumier de pintade label	27
	lisier	[1230]	Lisier de canard à rôtir	6,1
Cailles d'élevage	fumier	[1230]	Fumier de cailles	38,8
	lisier	[1230]	Lisier de canard à rôtir	6,1
Lapines reproductrices	fumier	[1230]	Crottes de lapin	8,1
	lisier	[1230]	Lisier de lapin	3,3
Equins	lisier	[1231]	Fumier courant	8,2
	fumier	[1231]	Fumier courant	8,2

A l'heure actuelle, ces estimations sont réalisées pour les bovins et les porcins uniquement, qui représentent 97 % des volumes d'effluents méthanisés en 2022 selon nos estimations.

Pour les bovins et les porcins, chaque système au bâtiment décrit précédemment est sous-divisé de manière à distinguer les effluents suivant la chaîne « classique » (bâtiment, stockage, épandage), des effluents partant en méthanisation (bâtiment, méthanisation, épandage). Par exemple, on distingue le lisier sans croûte naturelle « classique » du lisier sans croûte naturelle « à vocation méthanisation ».

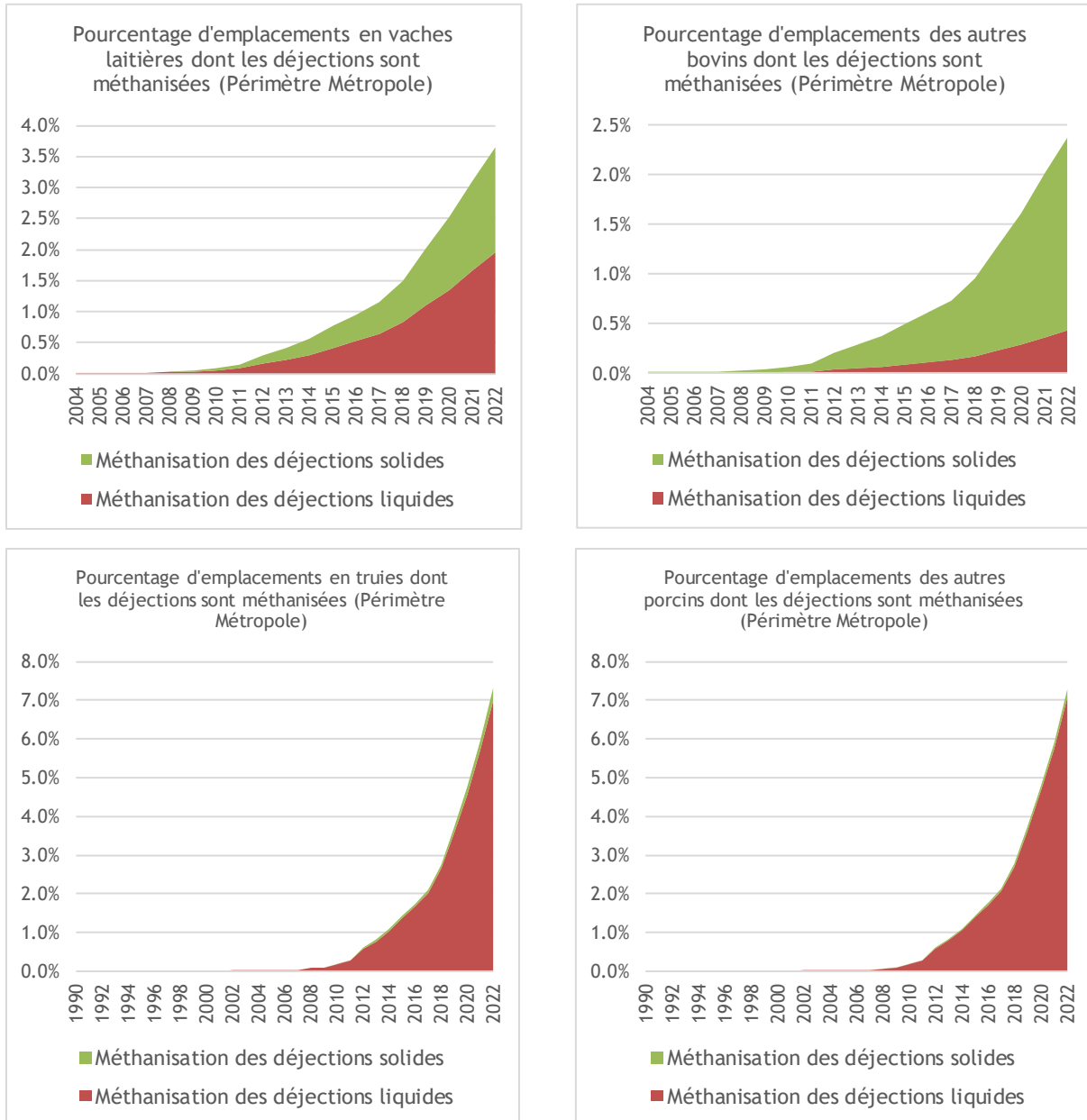


Figure 129 : Evolution des pourcentages d'emplacement méthanisés en bovins et porcins

Pour les bovins, on répartit ensuite les places en lisier méthanisé entre les systèmes lisier avec croûte (noté ci-après LAC) et sans croûte (noté ci-après LSC), au prorata des places pour chacun des systèmes l'année en question, par ancienne région.

Exemple pour une région et une année donnée :

$$\text{places LAC méthanisées} = \text{places lisier méthanisées} \times \frac{\text{places LAC}}{\text{places LAC} + \text{places LSC}}$$

Ces places méthanisées LAC sont retirées du système « classique » LAC, et attribuées au nouveau système LAC « à vocation méthanisation ». On obtient alors 4 types d'effluents liquides pour les bovins : lisier sans croûte, lisier sans croûte à vocation méthanisation, lisier avec croûte, lisier avec croûte à vocation méthanisation. Pour faciliter la lecture des résultats, les deux systèmes à vocation méthanisation sont regroupés en « méthanisation liquide » plus bas.

On répartit également les places fumier entre les systèmes stockage solide et litière accumulée, au prorata des places pour chacun des systèmes l'année en question, par ancienne région. Comme pour les systèmes liquides, on se retrouve alors avec 4 types d'effluents solides pour les bovins : stockage solide, stockage solide à vocation méthanisation, litière accumulée, litière accumulée à vocation méthanisation. Pour faciliter la lecture des résultats, les deux systèmes à vocation méthanisation sont regroupés en « méthanisation solide » plus bas.

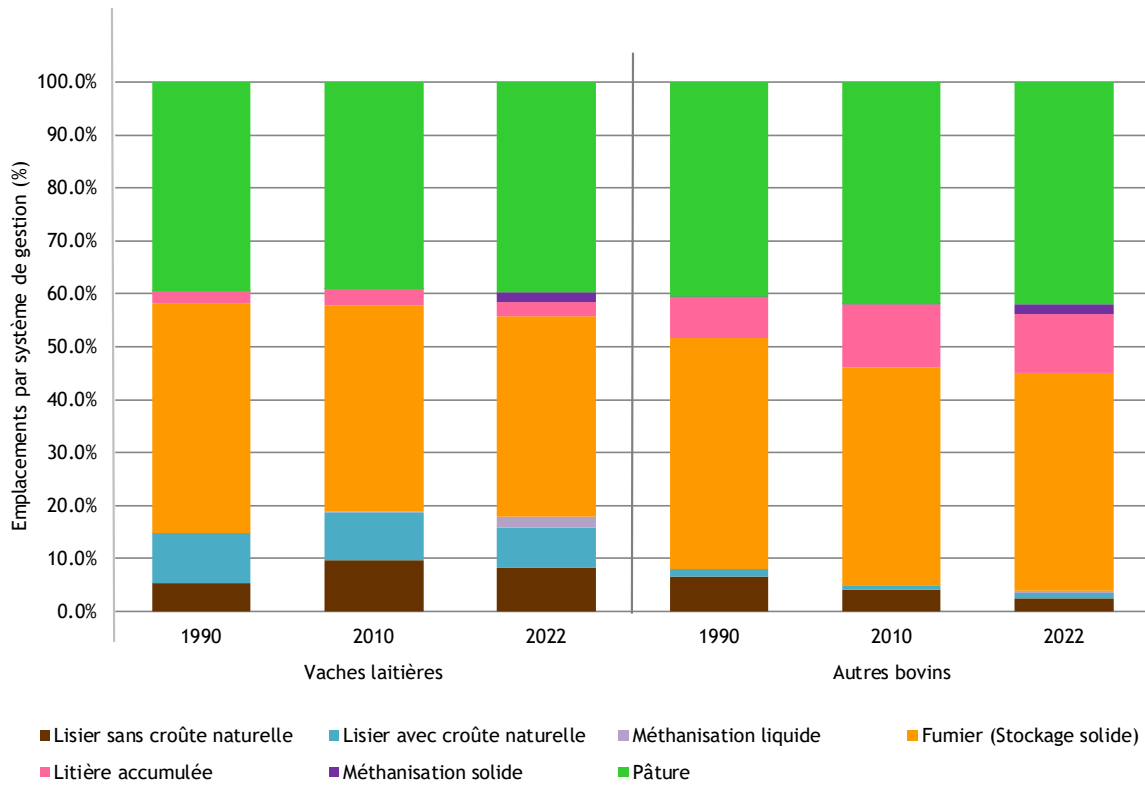
Pour les porcins, le même traitement est effectué par ancienne région. Les places lisier méthanisées sont retirées du système lisier sans croûte pour être attribuées au système lisier sans croûte à vocation méthanisation. Les places fumiers sont retirées du système stockage solide pour être attribuées au système stockage solide à vocation méthanisation.

On obtient alors les répartitions suivantes :

**Tableau 120 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins avec méthanisation (périmètre Métropole)**

		Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Litière accumulée	Pâturage	Méthanisation liquide	Méthanisation solide
Vaches laitières	1990	5.4%	9.4%	43.5%	2.4%	39.4%	0.0%	0.0%
	2010	9.7%	9.1%	38.9%	3.1%	39.1%	0.1%	0.0%
	2022	8.2%	7.7%	37.8%	2.9%	39.8%	2.0%	1.7%
Autres bovins	1990	6.6%	1.4%	43.8%	7.6%	40.6%	0.0%	0.0%
	2010	4.0%	0.9%	41.2%	11.9%	41.9%	0.0%	0.1%
	2022	2.5%	1.0%	41.2%	11.1%	41.9%	0.4%	1.9%





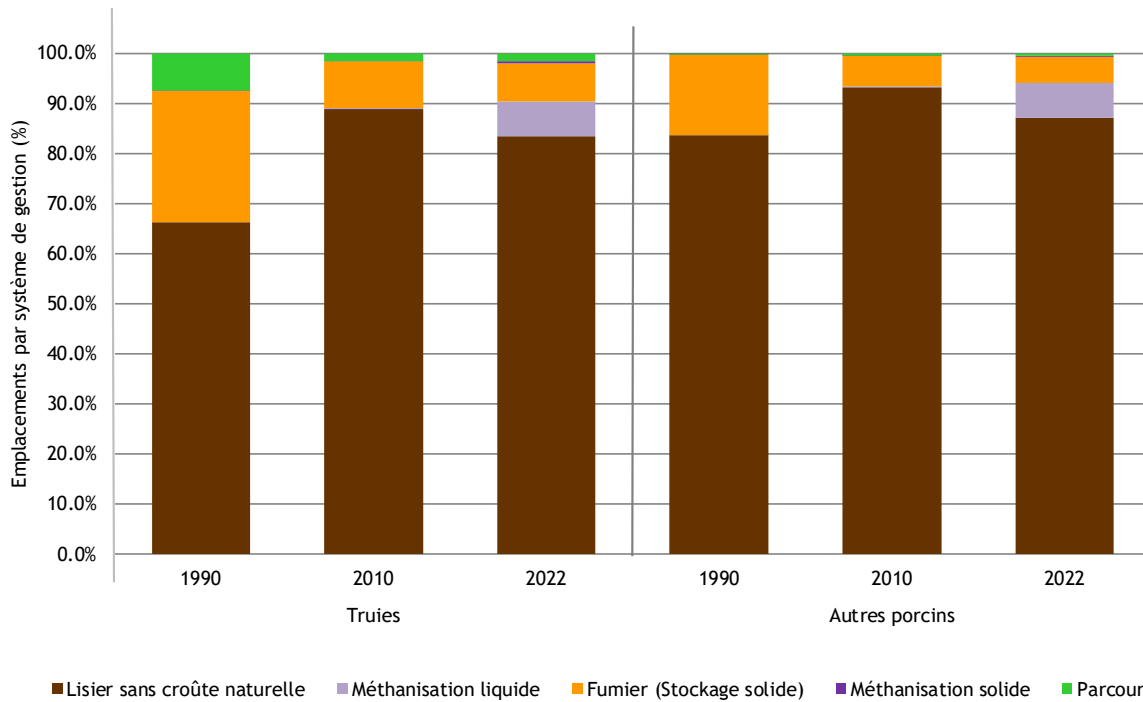
Source Citepa / format Ominea - février 2024

Graph\_OMINEA\_3.xls/SGDA

Figure 130 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins avec méthanisation (périmètre Métropole)

Tableau 121 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins avec méthanisation (périmètre UE)

		Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Parcours	Méthanisation liquide	Méthanisation solide
Truies	1990	66.4%	26.1%	7.5%	0.0%	0.0%
	2010	88.9%	9.3%	1.6%	0.2%	0.0%
	2022	83.4%	7.7%	1.6%	7.0%	0.3%
Autres porcins	1990	83.7%	16.0%	0.3%	0.0%	0.0%
	2010	93.3%	6.0%	0.5%	0.2%	0.0%
	2022	87.1%	5.1%	0.5%	7.1%	0.2%



Source Citepa/ format Ominea - février 2024

Graph\_OMINEA\_3.xls/SGDA

Figure 131 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins avec méthanisation (périmètre Métropole)

***Azote issu de la fraction hors-effluents d'élevage du digestat***

Pour le calcul des émissions liées au digestat hors déjections animales, les teneurs en azote de chaque catégorie d'intrants (CIVE, déchets des IAA, ...) sont fournies par le guide EMEP 2019 ou via des données nationales et présentées dans le tableau ci-dessous. Ces teneurs sont appliquées aux quantités de matières brutes d'intrants méthanisés pour en déduire l'azote épandu par la suite. La méthode de prise en compte des émissions à l'épandage des intrants azotés est ensuite détaillée au niveau du chapitre « 3D\_agricultural\_soils ».

Pour rappel, le flux des éléments fertilisants dont l'azote dans le digesteur est dit conservatif : l'azote entré est récupéré en sortie dans le digestat, mais sous une forme différente puisqu'une partie de l'azote organique est transformée en azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Cette minéralisation de l'azote varie fortement en fonction de la nature des intrants.

Tableau 122 : Principales teneurs en azote des intrants méthanisés

Catégorie d'intrant	Description	Teneur en azote (gN/kgMB)	Source
DMA	Déchets ménagers et assimilés (déchets verts, autres déchets organiques des collectivités)	5,7	EMEP 2019
Déchets des IAA	Déchets d'abattoirs et industries de transformation de la viande, des fruits et légumes et du lait	5,1	EMEP 2019
Cultures dédiées	Moyenne des valeurs ensilage de maïs et ensilage d'herbe	7,0	EMEP 2019
CIVE	Cultures intermédiaires à vocation énergétique	7,0	EMEP 2019
Boues de STEP	Boues issues de station d'épuration	2,2	Hypothèse nationale sur les types de boues et leur teneur
Résidus de cultures	Paille	5,1	EMEP 2019

### Excrétions azotées

Les facteurs d'excrétion azotée ( $F_{ex}$ ) expriment la quantité d'azote excrété annuelle d'une catégorie animale (kg N/tête/an). Ils sont pour la plupart basés sur les travaux du Corpen qui est un groupe de réflexion réunissant tous les organismes concernés par les relations entre agriculture et environnement. Il regroupe des instituts techniques, des établissements publics de recherche, des organisations professionnelles, des organisations d'utilisateurs, des centres techniques agricoles, des agences de l'eau ainsi que des ministères. Les missions du Corpen, essentiellement scientifiques, ont permis la réalisation de nombreuses publications, notamment sur l'azote provenant des élevages.

Pour les ovins, caprins et équins, les excrétions azotées reposent sur une étude menée par l'IDELE en 2015 [983], dont l'objectif était de préciser les flux d'azote selon les régimes alimentaires en France. La méthode de calcul appliquée quantifie l'azote ingéré pour soustraire l'azote fixé par la production de viande et de lait, afin d'aboutir à l'azote excrété par l'animal.

**Important** : Les facteurs d'excrétion azotée nationaux pour les bovins, ovins et caprins ont été comparés à ceux recalculés par la méthode de Niveau 2 du Giec 2006. Cette comparaison est incluse en section « 3B\_Manure Management ».

#### Pour les bovins

Les facteurs d'excrétion azotée ( $F_{ex}$ ) ont été calculés à partir des documents Corpen [468, 469] qui permettent de moduler l'excrétion azotée en fonction de plusieurs paramètres :

- le format des animaux,
- la production laitière,
- les fourrages consommés (herbe pâturée, foin, herbe conservée, ensilage de maïs).

La part d'herbe pâturée est directement basée, pour tous les bovins, sur les valeurs régionales de temps passés au pâturage (cf. paragraphe ci-avant sur les SGDA).

Concernant les autres fourrages (foin, herbe conservée, ensilage de maïs), leur contribution aux fourrages totaux consommés a été estimée de différentes façons selon la catégorie animale.

**Pour les vaches laitières** : l'excrétion associée à chacun des trois types de fourrage (foin, herbe conservée, ensilage de maïs) est bien identifiée dans le Corpen. Deux publications sur la part de ces différents fourrages dans les rations moyennes types pour les vaches laitières ont été produites par le Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL) : l'une pour 2007 [477], l'autre pour 2018 [1251]. L'évolution de la part de ces fourrages dans les rations moyennes est présentée ci-dessous :

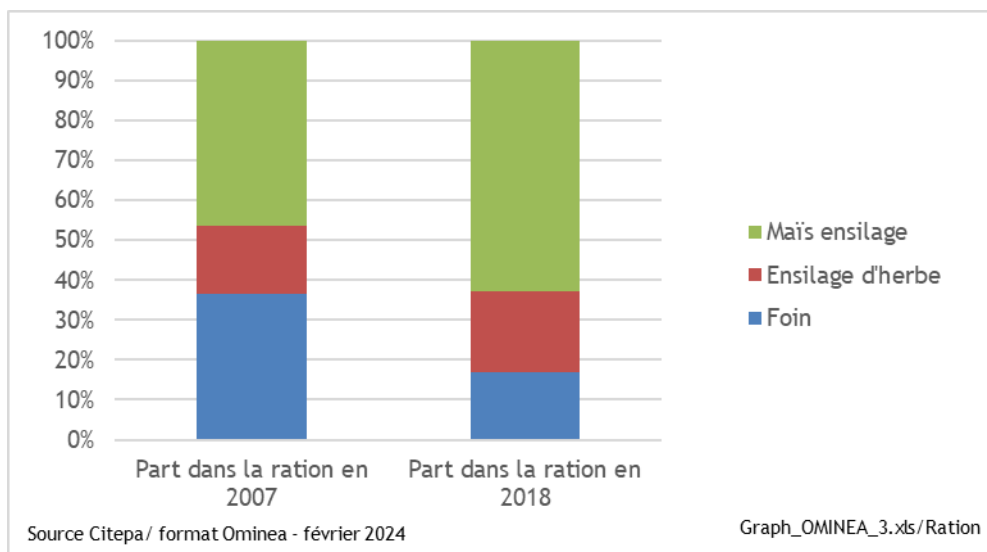


Figure 132 : Evolution de la part de différents fourrages dans la ration moyenne des vaches laitières, hors pâture

**Tableau 123 : Evolution de la part de différents fourrages dans la ration moyenne des vaches laitières, hors pâture**

	Part dans la ration en 2007	Part dans la ration en 2018
Foin	37%	17%
Ensilage d'herbe	17%	20%
Maïs ensilage	47%	63%

La part de ces fourrages dans la ration 2007 est utilisée pour la période 1990-2007, celle dans la ration 2018 à partir de 2018. Les données sont interpolées entre ces années.

**Pour les autres catégories bovines pour lesquelles l'excrétion associée à chacun des trois types de fourrage (foin, herbe conservée, ensilage de maïs) est bien identifiée dans le Corpen**, les rations moyennes, différenciées selon les systèmes lait ou viande, et tirées d'une étude réalisée en 2012 par l'Institut de l'Elevage pour le CIV (Centre d'Information des Viandes) [657], ont été utilisées. L'objectif de cette étude était d'actualiser les connaissances en termes de rationnement des bovins en France, à partir d'une analyse approfondie pour l'année 2008. Faute d'autres données disponibles, ces données de rations sont utilisées pour l'ensemble de la période.

**Pour les catégories bovines pour lesquelles seule l'excrétion associée à deux types de fourrage est identifiée dans le Corpen**, la moyenne est effectuée, ce qui revient à considérer que ces deux fourrages conservés contribuent de façon égale aux fourrages conservés totaux.

**Pour les catégories bovines pour lesquelles seule l'excrétion associée à un seul type de fourrage est identifiée dans le Corpen**, c'est cette excrétion qui est directement utilisée.

Pour les bovins hors vaches laitières, l'excrétion azotée par catégorie fine calculée au bâtiment est constante dans le temps, mais diffère de celle calculée à la pâture, également fixe dans le temps. L'excrétion azotée globale résultante (bâtiment + pâture), par catégorie fine, varie au cours du temps du fait des variations des proportions d'animaux gérés à la pâture.

*A noter : ces proportions d'animaux gérés à la pâture dépendent à la fois de la population, estimée chaque année par région, et de la part du temps passé au pâturage (cf. plus haut).*

Pour les vaches laitières, le même constat concernant les variations obtenues du fait de la gestion à la pâture s'applique. A cela vient s'ajouter une variation supplémentaire du fait de l'évolution du rendement laitier, qui est un paramètre intervenant directement dans le calcul de l'excrétion azotée. Le Corpen considère une modulation de l'excrétion azotée de 5 % par tranche de 1 000 litres de lait autour du niveau de base de rendement laitier considéré (6 000 litres). Le rendement laitier est estimé à partir de la production laitière issue de la SAA [410], ramenée aux effectifs de vaches laitières annuels.

*A noter : pour 2021, le même retraitement que celui appliqué pour les cheptels a été fait au niveau de la production laitière (voir plus haut).*

Enfin, lorsque les animaux sont agrégés par catégorie CRF/NFR, des variations du facteur d'excrétion sont constatées du fait des évolutions d'effectifs entre catégories fines au sein d'une même catégorie agrégée.

#### Pour les porcins

Les facteurs d'excrétion azotée ( $F_{ex}$ ) sont calculés à partir des documents Corpen de 2003 [470], qui ont été actualisés en 2015 par le RMT Elevage & Environnement [786].

Ces deux documents permettent de moduler l'excrétion azotée en fonction :

- des stades physiologiques : ceux-ci sont encadrés, pour les porcs à l'engrais, par des fourchettes de poids de référence fixes. Si le poids à l'abattage dépasse le poids de référence fixé, une valeur d'excrétion azotée spécifique est fournie par kilogramme de poids vif supplémentaire. Ainsi, l'excrétion azotée reflète l'évolution des pratiques d'élevage. Les poids à l'abattage sont tirés des documents de Gestion Technico-économique (GTE) [505] publiés annuellement jusqu'en 2016 par l'IFIP. Depuis, ces données ne sont plus publiques. Les données pour 2020 ont été fournies directement par l'IFIP au Citepa, permettant

d'estimer les années manquantes en interpolant les valeurs entre 2016 et 2020. Ces données ont également été transmises pour 2021 et 2022.

- de la conduite alimentaire : standard ou biphasé. L'évolution du nombre d'animaux en biphasé est connue grâce aux enquêtes bâtiments d'élevage (2001 ; 2008) [480] et à l'enquête pratiques d'élevage (2015) [980].

Sur la période, les données relatives à la conduite alimentaire et aux références d'excrétion azotée sont utilisées de la manière suivante :

- Conduite alimentaire :
  - de 1990 à 1996 : on fait l'hypothèse d'une conduite alimentaire uniquement standard toutes catégories confondues ;
  - de 1997 à 2000 : interpolation linéaire entre l'hypothèse 100% standard et les données de 2001 ;
  - en 2001 : les données utilisées sont celles de l'enquête bâtiment 2001 ;
  - de 2002 à 2007 : interpolation linéaire entre les données de 2001 et celles de 2008 ;
  - en 2008 : les données utilisées sont celles de l'enquête bâtiment 2008 ;
  - de 2009 à 2014 : interpolation linéaire entre les données de 2008 et celles de 2015 ;
  - de 2015 à l'année en cours : utilisation des données de 2015.
- Référence d'excrétion azotée :
  - de 1990 à 2003 : les références utilisées sont celles du Corpen [470],
  - de 2004 à 2014 : interpolation linéaire entre les données Corpen et celles du RMT [786],
  - de 2015 à l'année en cours : utilisation des données du RMT.

Une fois les  $F_{ex}$  définis sur la période, deux approches distinctes sont appliquées :

- l'approche « cheptel » pour les truies et verrats : les  $F_{ex}$  sont directement appliqués aux données de population,
- l'approche « production » pour les autres catégories.

L'approche « production » est préférée pour les porcins, hors truies et verrats, car elle permet d'éviter de formuler des hypothèses sur le nombre de rotations par catégorie durant l'année, ce qui est jugé plus fiable. Les données de production proviennent des statistiques AGRESTE [410]. Ces statistiques présentent les productions totales pour la métropole et les DOM (correspondant au périmètre UE), en séparant les catégories suivantes : cochons et verrats ; porcelets ; porcs charcutiers.

L'excrétion azotée des porcelets post-sevrage (1) est calculée en sommant l'excrétion azotée des porcelets produits et celle des porcelets morts en cours d'élevage. Le nombre de porcelets morts en cours d'élevage est estimé à partir des taux de perte et saisis tirés des documents de Gestion Technico-économique (GTE) [505] publiés annuellement jusqu'en 2016 par l'IFIP. Depuis, ces données ne sont plus publiques. Les données pour 2020 ont été fournies directement par l'IFIP au Citepa, permettant d'estimer les années manquantes en interpolant les valeurs entre 2016 et 2020. Ces données ont également été transmises pour 2021 et 2022. Les porcelets morts en cours d'élevage se voient attribuer la moitié de l'excrétion azotée d'un porcelet post-sevrage vivant un stade complet.

L'excrétion azotée des porcs charcutiers (2) est calculée en sommant l'excrétion azotée des porcs charcutiers produits et celle des porcs morts en cours d'élevage. Pour les porcs charcutiers produits, les données de production sont multipliées par la somme de l'excrétion azotée du post-sevrage et de l'engraissement. Pour les porcs morts en cours d'élevage, leur nombre est estimé à partir des productions de porcs charcutiers et des taux de perte et saisis du GTE. Ces taux de pertes et saisies sont distingués par stade (post-sevrage / engraissement). Les porcs morts en cours de post-sevrage se voient attribuer la moitié de l'excrétion azotée d'un porcelet post-sevrage vivant un cycle complet.

Les porcs morts en cours d'engraissement se voient attribuer l'excrétion azotée totale d'un post-sevrage à laquelle on ajoute la moitié de l'excrétion azotée d'un porc à l'engrais vivant un stade d'engraissement complet.

Enfin, ces excréments totales calculées au périmètre UE sont réparties selon la catégorisation retenue dans l'inventaire pour estimer une excrétion moyenne par tête par an :

- L'excrétion azotée des porcelets non-sevrés (<8kg) est nulle car déjà comptabilisée chez les truies.
- L'excrétion azotée des porcelets post-sevrés (8 à 30kg) est estimée en comptabilisant l'excrétion totale des porcelets (notée (1) ci-dessus) et une partie de l'excrétion des porcs charcutiers (notée (2) ci-dessus), attribuée selon le rapport du  $F_{ex}$  post-sevrage par rapport à la somme des  $F_{ex}$  post-sevrage et engraissement. Cette excrétion totale est ensuite divisée par la population correspondante.
- L'excrétion azotée des porcs à l'engrais (>30kg) est estimée en comptabilisant la partie restante de l'excrétion des porcs charcutiers. Cette excrétion totale est ensuite divisée par la population correspondante.

#### Pour les volailles

Les facteurs d'excrétion azotée ( $F_{ex}$ ) ont été calculés à partir des documents Corpen [471], [503], [504]. Fin 2022, de nouvelles données (en cours de publication) ont été transmises pour intégration dans l'inventaire [1250]. Ces nouvelles valeurs d'excrétions azotées ont été attribuées à l'année 2020, pour simplifier les pondérations décrites ensuite. On dispose donc de quatre années de données : 1996, 2006, 2012 et 2020.

Les données sont utilisées de la manière suivante sur la période :

- de 1990 à 1996 : les données utilisées sont celles de 1996 ;
- de 1997 à 2005 : interpolation linéaire entre les données de 1996 et celles de 2006 ;
- en 2006 : les données utilisées sont celles de 2006 ;
- de 2007 à 2011 : interpolation linéaire entre les données de 2006 et celles de 2012 ;
- en 2012 : les données utilisées sont celles de 2012 ;
- de 2012 à 2020 : interpolation linéaire entre les données de 2012 et celles de 2020 ;
- de 2020 à l'année en cours : utilisation des données 2020.

Les guides précités fournissent des valeurs d'excrétions pour respectivement 41, 78, 80 et 82 catégories de volailles, alors que la statistique agricole annuelle (SAA) ne compte que 10 catégories. Ainsi, pour calculer les excréments azotés à partir du Corpen, il faut connaître les effectifs pour chaque catégorie Corpen, puis calculer un facteur d'excrétion pondéré pour les 10 catégories de la SAA.

Différentes sources de pondération sont disponibles :

- les enquêtes bâtiments 2008 [480] : ces enquêtes fournissent les effectifs nationaux pour 46 catégories de volailles ;
- les données de productions Itavi [987] : ces données fournissent le détail par type de production en poules pondeuses (au sol, bio, en cage, label rouge, plein air) et en poulets de chair (label rouge, bio, export, lourd, CCP, standard, autres productions assimilables à des labels rouge (AOP, autres SIQO)) ;
- les données de productions issues des statistiques Agreste [410] : ces données fournissent les données de productions notamment pour les canards gras, les canards à rôti, les dindes, les oies et les pintades ;

- les données du recensement agricole 2020 [1249] : ces données fournissent le détail des places pour certaines catégories, notamment pour les poules pondeuses d'œuf à couver (en distinguant la filière chair de la filière ponte), les poulettes et les cailles.

Trois grands modes de retraitement des données sont appliqués pour estimer l'azote excrété par place :

- Estimation directe de l'azote excrété par place : on dispose dans les données des durées d'élevage et de l'azote excrété par tête. On estime alors l'azote moyen excrété par place, ramené à l'année : excrétion azotée par animal / durée d'élevage x 365.
- Estimation de l'azote total à partir des productions de l'année : on dispose dans les données de l'azote excrété par tête ainsi que des données de productions par sous-catégorie. Cette excrétion totale est ensuite ramenée aux effectifs de l'année en cours pour la catégorie concernée.
- Estimation de l'azote total à partir des productions 2008 : on dispose dans les données de l'azote excrété par tête mais on ne dispose pas du détail des productions par sous-catégorie et par année. On utilise la donnée de production 2008 par sous-catégorie, et on indexe ensuite le résultat sur la production de l'année.

*Par exemple : azote excrété 2012 pour la catégorie Canard à rôtir =  $\Sigma$  (azote excrété par sous-catégorie 2012 x production 2008) / Production totale 2008 x Production totale 2012.*

Cette excrétion totale est ensuite ramenée aux effectifs de l'année en cours pour la catégorie concernée.

Le tableau suivant récapitule, pour chaque catégorie volailles, la source de pondération utilisée ainsi que le mode de retraitement appliqué :

**Tableau 124 : Récapitulatif des sources de pondération et retraitements effectués pour estimer l'azote excrété des volailles**

Catégorie SAA	Source de pondération	Mode de retraitement
Poules pondeuses d'œufs à couver	Enquêtes bâtiments 2008 + Recensement agricole 2020	Estimation directe de l'azote excrété par place
Poules pondeuses d'œufs de consommation	Productions Itavi	Estimation directe de l'azote excrété par place
Poulettes	Enquêtes bâtiments 2008 + Recensement agricole 2020	Estimation directe de l'azote excrété par place
Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	Productions Itavi	Estimation de l'azote total à partir des productions de l'année
Canards à gaver	Enquêtes bâtiments 2008 + Productions Agreste	Estimation de l'azote total à partir des productions 2008
Canards à rôtir	Enquêtes bâtiments 2008 + Productions Agreste	Estimation de l'azote total à partir des productions 2008
Dindes et dindons (au 1er octobre)	Enquêtes bâtiments 2008 + Productions Agreste	Estimation de l'azote total à partir des productions 2008
Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	Enquêtes bâtiments 2008 + Productions Agreste	Estimation de l'azote total à partir des productions 2008
Pintades	Enquêtes bâtiments 2008 + Productions Agreste	Estimation de l'azote total à partir des productions 2008
Cailles d'élevage	Enquêtes bâtiments 2008 + Recensement agricole 2020	Estimation directe de l'azote excrété par place

#### Pour les ovins

Les facteurs d'excrétion azotée ( $F_{ex}$ ) ont été calculés majoritairement à partir du document de l'IDELE [983]. Les catégories étudiées sont listées ci-dessous.

**Brebis laitières.** Deux cas types sont proposés dans la publication de l'IDELE : un cas type Roquefort (système spécialisé ovin lait rayon de Roquefort, mont de Lacaune), et un cas type basco béarnais (système mixte ovin lait - bovin viande, Pyrénées Atlantique). En France, c'est le système type Roquefort qui est le plus représentatif des conditions classiques d'élevage (>60% des effectifs) : la valeur de ce cas type a été retenue pour cette catégorie.

**Brebis allaitantes.** Deux cas types sont proposés dans la publication de l'IDELE : un cas type Culture-ovin de bergerie pour la production d'agneaux de bergerie (dit « agneaux de Pâques ») des zones céréales - élevage (Midi-Pyrénées, Sud-Ouest, Bassin parisien et Grand est) ; un cas type Ovin herbe pour l'élevage de moutons dans les zones allaitantes françaises (Sud-Ouest, Ouest et Massif Central).

La moyenne des valeurs de ces deux cas types a été retenue pour cette catégorie.

**Agnelles de système ovin viande.** Une seule donnée est fournie pour cette catégorie.

**Agnelles Lacaune (système ovin lait).** Une seule donnée est fournie pour cette catégorie.

**Agneau engraisé (après sevrage).** Trois systèmes de production d'agneaux engraisés sont proposés dans la publication de l'IDELE : un système Culture - ovin viande de bergerie (cf. plus haut) ; un système Ovin viande herbe (cf. plus haut) ; un système agneau de type aveyronnais.

D'après [983], les agneaux de type aveyronnais représentent 10% des effectifs. On fait l'hypothèse que les deux autres systèmes sont répartis de manière égale (45% chacun). Les valeurs d'excrétion azotée de ces trois systèmes sont pondérées par ces pourcentages pour obtenir la valeur retenue pour la catégorie « agneaux ».

*A noter : les valeurs d'excrétion azotée sont calculées sur la durée de vie de l'animal, ici inférieure à un an. Un retraitement est effectué pour recalculer une valeur d'excrétion azotée sur l'année : l'excrétion azotée est divisée par la durée d'élevage en jours, puis multipliée par 365.*

L'objectif est ensuite de pouvoir attribuer ces valeurs d'excrétion azotée par **catégorie animale de la SAA**. Pour les **brebis laitières et allaitantes**, la correspondance est directe.

En revanche, pour les **agnelles**, la valeur d'excrétion azotée retenue est calculée en pondérant les valeurs « agnelles de système ovin viande » et « agnelles Lacaune (système ovin lait) » :

- de 1990 à 2007 : au prorata des effectifs différenciés entre les agnelles laitières (agnelage à 13 mois) et les agnelles allaitantes (agnelage à 15 mois) fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 ;
- à partir de 2020 : au prorata des effectifs différenciés entre les agnelles lait et viande fournis dans le recensement agricole pour 2020 [1249] ;
- de 2008 à 2019 : interpolation des données.

La dernière catégorie de la SAA regroupe à la fois **les agneaux et les béliers**, cependant ces derniers ne sont pas inclus dans la publication IDELE [983].

L'excrétion azotée des béliers est estimée en appliquant les équations du Giec 2006 [656]. L'équation 10.32 du Giec 2006 [656] permet d'estimer, à partir des énergies brutes ingérées et des teneurs en protéine brute dans les rations, la quantité d'azote consommée quotidiennement par l'animal :

$$N_{\text{consommation}} \text{ (kgN/animal/jour)} = EB / 18,45 \times (PB\% / 100 / 6,25)$$

*Avec : EB = Energie brute ingérée (MJ/animal/jour) ; PB% : teneur en protéines brutes dans la ration.*

**L'énergie brute ingérée** pour les béliers est tirée du projet MONDFERENT II mené par l'Inra et décrit en section « 3A\_Enteric fermentation ». Ce projet a permis de déterminer différents paramètres spécifiques aux animaux des élevages caprins et ovins français, par catégorie animale fine. Parmi ces paramètres, répertoriés dans un fichier de calcul transmis par l'Inra [797], se trouve l'énergie brute ingérée en MJ/jour.



La teneur en protéines brutes dans la ration a été estimée en moyennant les teneurs en protéines brutes dans la ration de la publication de l'IDELE [983] des brebis laitières et allaitantes. La valeur obtenue est de 14,9%.

Le paramètre  $N_{\text{consommation}}$  (kgN/animal/jour) est ensuite multiplié par 365 pour obtenir les quantités annuelles d'azote consommées ( $N_{\text{conso\_annuelle}}$ ). Enfin, l'équation 10.31 du Giec 2006 [656] est appliquée pour estimer la quantité d'azote excrétée sur l'année par l'animal :

$$N_{\text{ex}} \text{ (kgN/animal/an)} = N_{\text{conso\_annuelle}} \times (1 - N_{\text{retention}})$$

Avec :  $N_{\text{conso\_annuelle}}$  = Quantité d'azote consommée par an (kgN/animal/an) ;  $N_{\text{retention}}$  = fraction de la consommation annuelle d'azote retenue par l'animal (valeur par défaut proposée par le Giec 2006 dans le tableau 10.20 pour les chèvres et les moutons = 0,1).

Le  $F_{\text{ex}}$  retenu pour la catégorie « autres ovins (y compris béliers) » est calculé en pondérant la valeur déjà pondérée « Agneaux », expliquée plus haut, et celle des béliers, calculée à partir des équations du Giec ;

- de 1990 à 2007 : au prorata des effectifs différenciés fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 ;
- à partir de 2020 : au prorata des effectifs différenciés fournis dans le recensement agricole pour 2020 [1249] ;
- de 2008 à 2019 : interpolation des données.

*A noter : les  $F_{\text{ex}}$  rapportés pour la catégorie « ovins » varient au cours du temps en fonction des effectifs de chacune des sous-catégories pour l'année considérée.*

#### Pour les caprins

Les facteurs d'excrétion azotée ( $F_{\text{ex}}$ ) ont été calculés majoritairement à partir du document de l'IDELE [983]. Les catégories étudiées sont listées ci-dessous.

**Chèvres laitières.** Trois systèmes de production sont proposés dans la publication de l'IDELE : un système 0 pâturage (Centre Ouest de la France) avec des rations à base d'ensilage de maïs ; un système 0 pâturage (Centre Ouest de la France) avec des rations à base de foin de luzerne ; un système pastoral avec du pâturage. La moyenne des valeurs de ces trois systèmes a été retenue pour cette catégorie.

**Chevrette de 0 à 12 mois.** Une seule donnée est fournie pour cette catégorie.

**Chevreaux engraisés.** Une seule donnée est fournie pour cette catégorie.

*A noter : la valeur d'excrétion azotée est calculée sur la durée de vie de l'animal, ici inférieure à un an. Un retraitement est effectué pour recalculer une valeur d'excrétion azotée sur l'année : l'excrétion azotée est divisée par la durée d'élevage, puis multipliée par 365.*

L'objectif est ensuite de pouvoir attribuer ces valeurs d'excrétion azotée par **catégorie animale de la SAA**. Pour les **chèvres laitières et chevrettes**, la correspondance est directe. En revanche, la dernière catégorie de la SAA regroupe à la fois **les chevreaux et les boucs**, cependant ces derniers ne sont pas inclus dans la publication IDELE [983].

L'excrétion azotée des boucs est estimée en appliquant les équations du Giec 2006 [656]. L'équation 10.32 du Giec 2006 [656] permet d'estimer, à partir des énergies brutes ingérées et des teneurs en protéine brute dans les rations, la quantité d'azote consommée quotidiennement par l'animal :

$$N_{\text{consommation}} \text{ (kgN/animal/jour)} = EB / 18,45 \times (PB\% / 100 / 6,25)$$

Avec :  $EB$  = Energie brute ingérée (MJ/animal/jour) ;  $PB\%$  : teneur en protéines brutes dans la ration.

L'énergie brute ingérée pour les boucs est tirée du projet MONDFERENT II mené par l'Inra et décrit en section « 3A\_Enterique fermentation ». Ce projet a permis de déterminer différents paramètres spécifiques aux animaux des élevages caprins et ovins français, par catégorie animale fine. Parmi ces paramètres, répertoriés dans un fichier de calcul transmis par l'Inra [797], se trouve l'énergie brute ingérée en MJ/jour.

La teneur en protéines brutes dans la ration a été estimée en moyennant les teneurs en protéines brutes dans la ration de la publication de l'IDELE [983] des chèvres laitières. La valeur obtenue est de 14,4%.

Le paramètre  $N_{\text{consommation}}$  (kgN/animal/jour) est ensuite multiplié par 365 pour obtenir les quantités annuelles d'azote consommées ( $N_{\text{conso\_annuelle}}$ ). Enfin, l'équation 10.31 du Giec 2006 [656] est appliquée pour estimer la quantité d'azote excrétée sur l'année par l'animal :

$$N_{\text{ex}} \text{ (kgN/animal/an)} = N_{\text{conso\_annuelle}} \times (1 - N_{\text{retention}})$$

Avec :  $N_{\text{conso\_annuelle}}$  = Quantité d'azote consommée par an (kgN/animal/an) ;  $N_{\text{retention}}$  = fraction de la consommation annuelle d'azote retenue par l'animal (valeur par défaut proposée par le Giec 2006 dans le tableau 10.20 pour les chèvres et les moutons = 0,1).

Le  $F_{\text{ex}}$  retenu pour la catégorie « autres caprins (y compris boucs) » est calculé en pondérant la valeur pour les chevreaux engraisés, mentionnée plus haut, et celle des boucs, calculée à partir des équations du Giec :

- de 1990 à 2007 : au prorata des effectifs différenciés fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 ;
- à partir de 2020 : au prorata des effectifs différenciés fournis dans le recensement agricole pour 2020 [1249] ;
- de 2008 à 2019 : interpolation des données.

*A noter : les  $F_{\text{ex}}$  rapportés pour la catégorie « caprins » varient au cours du temps en fonction des effectifs de chacune des sous-catégories pour l'année considérée.*

#### Pour les équins

Les facteurs d'excrétion azotée ( $F_{\text{ex}}$ ) ont été calculés à partir du document de l'IDELE [983]. Pour chaque catégorie étudiée et listée ci-dessous, une seule valeur d'excrétion azotée est fournie :

- Trait - jument suitée,
- Trait - poulain/pouliche de 12-24 mois,
- Sports et loisirs - jument suitée,
- Sports et loisirs - cheval au travail,
- Sports et loisirs - poney AB (200kg),
- Sports et loisirs - poney CD (200kg),
- Sports et loisirs - cheval au travail.

*A noter : pour les juments suitées, l'excrétion azotée proposée dans le document prend également en compte l'excrétion azotée du poulain pendant les 7 premiers mois de sa vie (jusqu'à son sevrage).*

Ces valeurs d'excrétion azotée sont combinées pour estimer le  $F_{\text{ex}}$  par **catégorie animale de la SAA**, c'est-à-dire pour les catégories suivantes : chevaux de selle, sport, loisirs et course / chevaux lourds / ânes, mulets, bardot.

Pour cela, les données de l'Institut Français du Cheval et de l'Equitation (IFCE) ont été consultées [984]. Ces dernières fournissent des informations annuelles concernant :

- L'évolution des juments saillies,
- Le nombre d'étalons actifs,
- L'évolution des naissances.

Pour chacune de ces catégories, sont distingués :

- Les chevaux de course (C1),
- Les races françaises de selle (C2),
- Les races étrangères de selle (C3),
- Les poneys (C4),
- Les chevaux de trait (C5),
- Les ânes et mulets (C6).

Ces données sont retraitées pour constituer les quatre catégories suivantes :

- Chevaux de course et de selle (C1+C2+C3), en distinguant les juments, les étalons et les naissances ;
- Poneys (C4), en distinguant les juments, les étalons et les naissances ;
- Chevaux lourds (C5), en distinguant les juments, les étalons et les naissances ;
- Anes et mulets (C6), en distinguant les juments, les étalons et les naissances.

Elles ont ensuite été croisées avec les données disponibles dans les annuaires ECUS publiés par l'IFCE [985]. Les annuaires des années 2012, 2016, 2020 et 2021 ont été utilisés. Ils présentent les données d'effectifs équins annuels totaux, classés selon les catégories selle, course, trait, âne et poney. La connaissance des effectifs totaux permet de recalculer un solde pour la catégorisation précitée (chevaux de course et de selle, poneys, chevaux lourds, ânes). Ainsi, chaque catégorie est alors divisée en sous-catégories (juments, étalons, naissances, solde de la catégorie).

Pour la catégorie SAA **chevaux de selle, sport, loisirs et course**, les valeurs fournies par le document de l'IDELE sont pondérées par les effectifs de l'IFCE :

- Catégorie « Chevaux de course et de selle » :
  - Jument : utilisation de la valeur IDELE « Sports et loisirs - Jument suitée » ;
  - Etalon : utilisation de la valeur IDELE « Sports et loisirs - Cheval au travail » ;
  - Naissance : pondération de la valeur IDELE « Sports et loisirs - Cheval au travail » pour ne prendre en compte que 5 mois d'excrétion (hypothèse Citepa) ;
  - Solde de la catégorie : utilisation de la valeur IDELE « Sports et loisirs - Cheval au travail »
- Catégorie « Poneys » : moyenne des valeurs IDELE : Sports et loisirs - poney AB (200kg) et Sports et loisirs - poney CD (200kg).

Pour la catégorie SAA **chevaux lourds**, le document de l'IDELE propose des valeurs seulement pour les juments. Pour les autres catégories, les travaux réalisés par William Martin Rosset, chercheur à l'INRA de Clermont-Theix [473] ont été utilisés. Ces travaux proposent des méthodes d'estimation de l'excrétion azotée journalière des équins à partir des poids vifs des animaux. Le calcul a été effectué pour estimer l'excrétion azotée d'un cheval de selle (poids vif moyen de 560 kg tiré du document de l'IDELE) et d'un cheval de trait (poids vif moyen de 778 kg tiré du document de William Martin Rosset), afin de déterminer le ratio entre ces deux catégories. Ce ratio est ensuite utilisé pour pondérer les valeurs de l'IDELE. Les valeurs retenues sont les suivantes, pondérées par les effectifs de l'IFCE :

- Jument : utilisation de la valeur IDELE « Trait - jument suitée » ;
- Etalon : utilisation de la valeur IDELE « Sports et loisirs - Cheval au travail » multipliée par le ratio recalculé à partir des données de William Martin Rosset ;
- Naissance : pondération de la valeur IDELE « Trait - poulain/pouliche de 12-24 mois » pour ne prendre en compte que 5 mois d'excrétion (hypothèse Citepa) ;
- Solde de la catégorie : utilisation de la valeur recalculée pour l'étalon ci-dessus.

Pour la catégorie SAA **ânes, mulets, bardot**, le calcul a été effectué à partir des équations de William Martin Rosset, pour un âne d'un poids vif moyen de 165 kg (poids tiré du document de William Martin Rosset) et pour un mulet d'un poids vif moyen de 250 kg (poids tiré du document de William Martin Rosset). La pondération entre ces deux sous-catégories est tirée des données de l'IFCE [984].

Pour les lapines reproductrices

Les facteurs d'excrétion azotés ( $F_{ex}$ ) sont issus des travaux de Aubert et Coutelet [655] et correspondent aux lapines et à leurs suites.

*Pour les cervidés d'élevage*

Faute de données spécifiques pour les cervidés d'élevage, la valeur définie pour les ovins leur est attribuée.

Le tableau suivant récapitule les différentes sources des  $F_{ex}$  par catégorie animale de la SAA :

**Tableau 125 : Récapitulatif des sources utilisées pour le calcul des facteurs d'excrétion azotée**

Catégorie SAA	Descriptif rapide
Vaches laitières	CORPEN 1999 + Données CNIEL 2007 et 2018 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Vaches nourrices	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Génisses de boucherie de plus de 2 ans	Hypothèse d'une excrétion azotée égale à celle des génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans
Mâles de type laitier de plus de 2 ans	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Mâles de type viande de plus de 2 ans	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	Hypothèse d'une excrétion azotée égale à celle des génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans
Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Mâles de type viande de 1 à 2 ans	CORPEN 2001 + Données CIV 2012 (part foin/ensilage d'herbe/ensilage maïs)
Veaux de boucherie	CORPEN 2001 - Consommation de lait exclusivement
Autres femelles de moins de 1 an	CORPEN 2001 + Moyenne (foin ; ensilage d'herbe)
Autres mâles de moins de 1 an	CORPEN 2001 + Ensilage de maïs exclusivement
Porcelets non sevrés (<8kg)	Excrétion azotée nulle car déjà comptabilisée chez les truies
Porcelets sevrés de 8 à 30 kg	Recalcul à partir des productions, du GTE, du RMT, et de l'évolution de l'alimentation biphasé (enquêtes)
Truies de 50 kg et plus	RMT + Evolution de l'alimentation biphasé (enquêtes)
Verrats de 50 kg et plus	Hypothèse d'une excrétion azotée égale à celle des truies
Porcs à l'engrais de 30 kg et plus	Recalcul à partir des productions, du GTE, du RMT, et de l'évolution de l'alimentation biphasé (enquêtes)
Chevrettes	IDELE 2016
Chèvres (femelles ayant mis bas)	IDELE 2016
Autres caprins (y compris boucs)	IDELE 2016 + MONDFERENT II
Agnelles	IDELE 2016
Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	IDELE 2016
Brebis mères laitières (y c. réforme)	IDELE 2016
Autres ovins (y compris béliers)	IDELE 2016 + MONDFERENT II
Chevaux de selle, sport, loisirs et course	IDELE 2016 + données IFCE
Chevaux lourds	IDELE 2016 + ratio William Martin Rosset + données IFCE
Anes, mulets, bardots	William Martin Rosset + données IFCE
Poules pondeuses d'œufs à couvrir	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Poules pondeuses d'œufs de consommation	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Poulettes	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Canards à gaver	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Canards à rôtir	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Dindes et dindons (au 1er octobre)	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Pintades	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Cailles d'élevage	CORPEN 1996 - 2006 - 2012 + ITAVI 2020
Lapines reproductrices	Aubert et Coutelet

Les  $F_{ex}$  suivants sont obtenus pour la métropole, par catégorie animale détaillée :

**Tableau 126 : Evolution des  $F_{ex}$  en métropole par catégorie animale détaillée**

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2022
Vaches laitières	104.2	107.5	108.5	110.9	112.7	114.8	116.1
Vaches nourrices	107.3	107.4	107.9	107.6	107.5	108.0	108.0
Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	69.6	69.7	69.8	69.5	69.2	69.2	69.1
Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	67.0	67.0	67.3	67.0	66.9	66.9	66.9
Génisses de boucherie de plus de 2 ans	50.1	50.1	50.2	50.0	49.6	49.6	49.6
Mâles de type laitier de plus de 2 ans	79.1	79.1	79.1	78.7	78.3	78.4	78.6
Mâles de type viande de plus de 2 ans	77.8	77.9	78.3	77.9	77.7	77.8	77.7
Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	53.5	53.5	53.5	53.4	53.3	53.3	53.2
Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	51.1	51.1	51.3	51.1	51.1	51.1	51.1
Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	40.7	40.7	40.8	40.6	40.5	40.5	40.5
Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	57.8	57.8	57.8	57.6	57.6	57.5	57.6
Mâles de type viande de 1 à 2 ans	56.4	56.5	56.5	56.3	56.1	56.2	56.1
Veaux de boucherie	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
Autres femelles de moins de 1 an	26.5	26.5	26.6	26.7	26.8	26.8	26.8
Autres mâles de moins de 1 an	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6
Porcelets non sevrés (<8kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	3.8	4.1	4.0	4.1	4.1	4.3	4.4
Truies de 50 kg et plus	24.6	24.6	22.4	21.5	21.0	20.7	20.7
Verrats de 50 kg et plus	24.6	24.6	22.4	21.5	21.0	20.7	20.7
Porcs à l'engrais (>30kg)	12.9	14.2	13.9	13.0	12.9	12.4	12.7
Chevrettes	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
Chèvres (femelles ayant mis bas)	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2
Autres caprins (y compris boucs)	9.1	9.1	9.1	9.1	9.5	10.1	10.7
Agnelles	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
Brebis mères laitières (y c. réforme)	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
Autres ovins (y compris béliers)	3.9	3.9	3.9	3.9	4.2	4.8	5.3
Chevaux de selle, sport, loisirs et course	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Chevaux lourds	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8	70.8
Anes, mulets, bardots	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3
Poules pondeuses d'œufs à couvrir	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9
Poules pondeuses d'œufs de consommation	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Poulettes	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Canards à gaver	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.5	0.3
Canards à rôtir	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3
Dindes et dindons (au 1er octobre)	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9
Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Pintades	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2
Cailles d'élevage	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Lapines reproductrices	8.1	8.1	7.7	7.5	7.3	7.5	7.5

### **Surfaces, productions et rendements des cultures**

Les surfaces en culture et les productions végétales associées utilisées dans le cadre de l'inventaire national sont tirées de la SAA. Cependant, elles n'interviennent que très peu dans le calcul des émissions de l'agriculture dans la mesure où les émissions des sols cultivés sont en grande partie estimées à partir des intrants. Elles n'apparaissent que dans le calcul associé aux résidus de culture mais permettent aussi d'appréhender le type de culture et leur évolution en France.

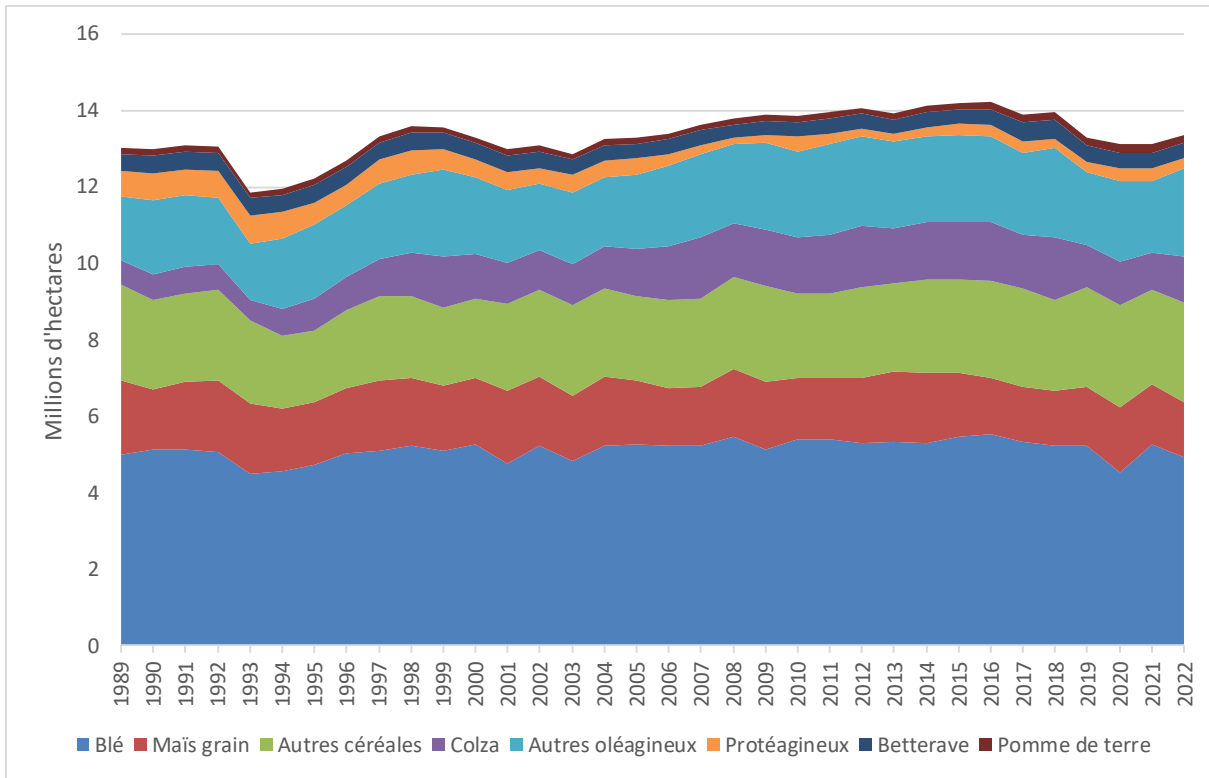


Figure 133 : Évolution des superficies cultivées des principales cultures en France métropolitaine - Source : Agreste - SAA

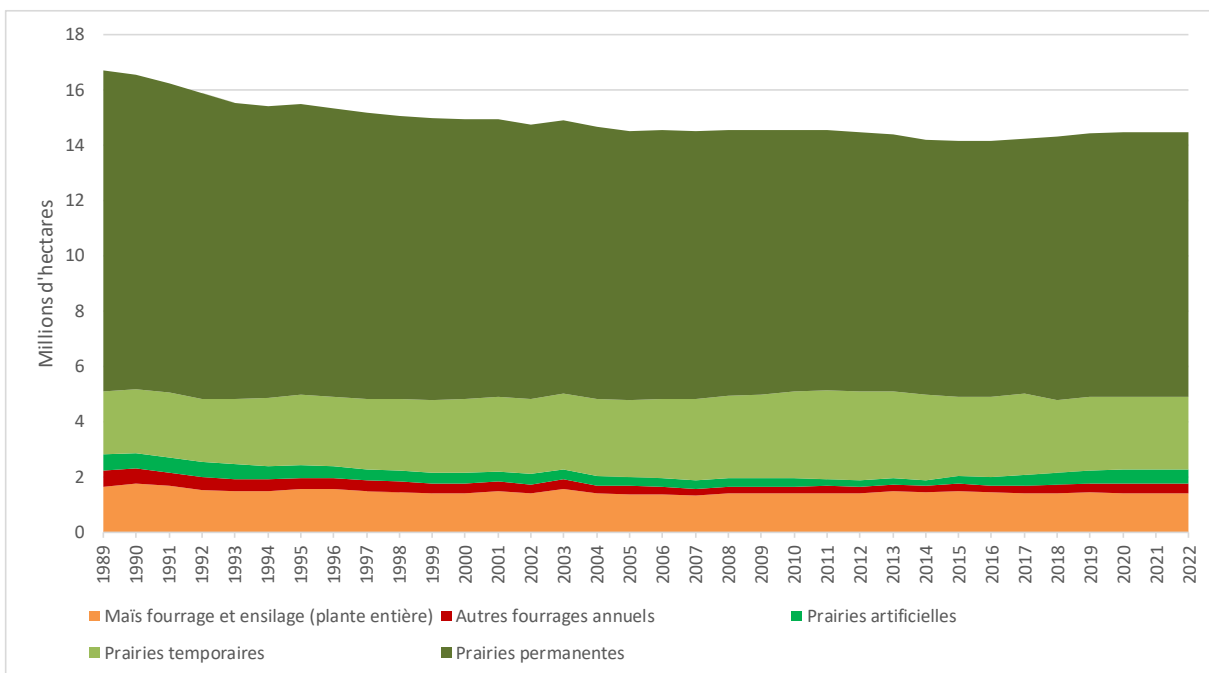


Figure 134 : Évolution des superficies fourragères en France métropolitaine - Source : Agreste - SAA

### Evolution des surfaces et productions

Les surfaces cultivées restent relativement stables sur la période, avec néanmoins, dans les années 1990, un impact visible de la politique agricole commune (PAC). En 1992, les règles de la PAC ont été modifiées en profondeur pour rapprocher les prix de marché européen de ceux du marché mondial. Ainsi, les prix garantis aux agriculteurs ont été progressivement abandonnés. Pour compenser cette réduction, des aides directes ont été attribuées au producteur, non pas proportionnellement aux

quantités produites, mais aux surfaces cultivées. Pour limiter les stocks, ces mesures ont été accompagnées de contraintes de réduction de la production, sous la forme de la mise en jachère obligatoire de 15 % des surfaces en céréales, oléagineux et protéagineux. Le régime d'aides aux cultures a été ensuite réformé à plusieurs reprises et a notamment conduit à la disparition de la quasi-totalité des aides qui avaient été maintenues couplées en France et à l'abandon de cette obligation de geler les terres à partir de 2009. En France, certains paiements couplés demeurent afin de soutenir des productions ou types d'agriculture qui risqueraient d'être abandonnés en cas de découplage total : il s'agit par exemple de versements d'aides pour la production de plantes riches en protéines soumises à des critères d'éligibilité spécifique à chacune des productions.

Les rendements des cultures sont eux assez variables d'une année sur l'autre, ce qui s'explique notamment par les conditions météorologiques, comme en 2003 où la sécheresse estivale a provoqué une baisse importante des rendements, ou encore l'année 2016 qui a vu un effondrement de la récolte de blé principalement du fait d'un manque d'ensoleillement et des pluies du début de l'été. En 2020, la production recule à nouveau. Les principales raisons identifiées sont les précipitations automnales qui ont rendu les conditions de semis en céréales difficiles voire impossibles entraînant un étalement inédit des dates de semis, et la sécheresse record qui a ensuite sévi au printemps. Pour l'année 2021, les surfaces cultivées en céréales retrouvent leurs niveaux de 2019 avec des rendements toutefois affectés par des pluies durant la moisson. Les surfaces en oléagineux sont en forte diminution avec un recul marqué des surfaces en colza depuis plusieurs années en lien notamment avec les effets du changement climatique (aléas climatiques plus fréquents et progression des maladies et ravageurs).

En 2022, les récoltes céréalières baissent nettement en France après le rebond de 2021, sous l'effet d'une réduction de la sole des cultures d'hiver et du rendement des cultures de printemps (chaleur et déficit de précipitation). Les récoltes d'oléagineux poursuivent leur hausse pour la deuxième année d'affilée, principalement du fait du colza (recul pour le tournesol et le soja), en lien avec la forte hausse des prix induite par le conflit russo-ukrainien (l'Ukraine étant le premier exportateur mondial de tournesol avant le conflit). Les récoltes des autres grandes cultures (betterave et pomme de terre) sont réduites sous l'effet d'une baisse des rendements affectés par la sécheresse.

## 5.2 Gestion des déjections (NFR 3B)

### 5.2 Manure management (NFR 3B)

#### 5.2.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 5.2.1 Main features

Les effluents d'élevage sont des sources potentiellement importantes d'émissions ( $\text{CH}_4$ , COVM,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ) du fait de phénomènes chimiques et biologiques. Ces émissions dépendent principalement des espèces élevées et des pratiques associées (type de bâtiment, temps de stockage, accumulation, traitements), mais leur estimation demeure sujette à de fortes incertitudes du fait de la complexité de prédire parfaitement les interactions possibles entre les cycles de l'azote et du carbone.

Les évolutions globales des émissions des différents polluants sont présentées au début de la section agriculture. Les graphiques suivants présentent la contribution aux émissions par grande catégorie animale, ainsi que l'évolution en base 100 des facteurs d'émission moyens obtenus par grande catégorie animale.

Émissions de NH<sub>3</sub>

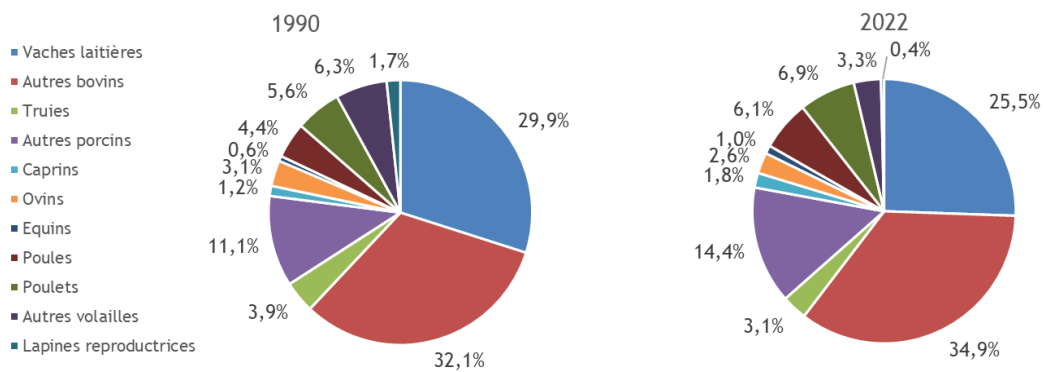


Figure 135: Répartition des émissions de NH<sub>3</sub> par grande catégorie animale en 1990 et 2022

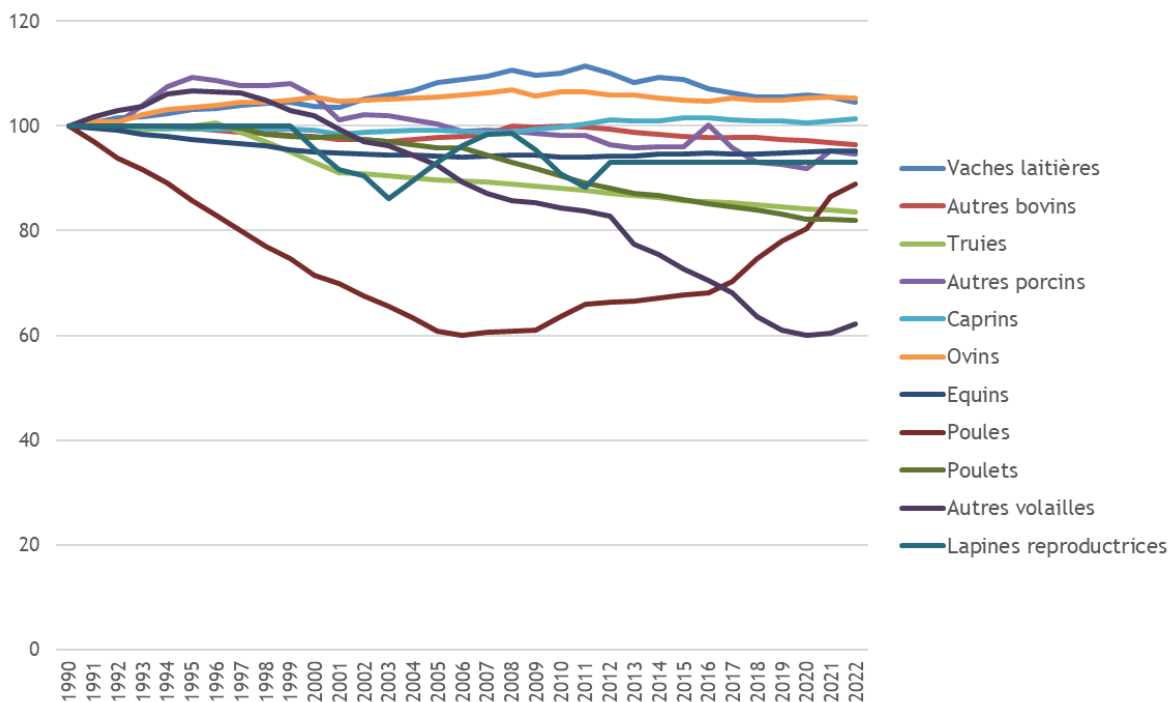


Figure 136 : Evolution du facteur d'émission moyen de NH<sub>3</sub> recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Les bovins restent, sur la période, la catégorie prépondérante pour les émissions de NH<sub>3</sub>, bien que contribuant majoritairement à la baisse des émissions constatée sur ce poste. Cette baisse en bovins est liée en premier lieu au recul des effectifs. Le facteur d'émission moyen pour les vaches laitières augmente sur la période, en lien avec l'augmentation du rendement laitier qui impacte directement l'azote excrété. Cette hausse ne contrebalance cependant pas la diminution des effectifs, entraînant au global une baisse des émissions en vaches laitières.

Les porcins arrivent en seconde position des contributeurs aux émissions de NH<sub>3</sub>, malgré une baisse du facteur d'émission moyen autour de 16 % sur la période, à mettre en lien avec le développement de l'alimentation biphasé et des stations de nitrification-dénitrification.

Le facteur d'émission des volailles de chair s'inscrit en baisse sur la période grâce à une réduction des facteurs d'excrétion azotée par tête, en lien avec une amélioration des performances d'élevage.



L'évolution du facteur d'émission en poules pondeuses s'explique par la disparition progressive des fosses profondes jusqu'en 2005. Depuis, ce facteur moyen repart à la hausse en lien avec le développement d'élevages au sol, plus émetteurs de NH<sub>3</sub> que les élevages en cage.

**Emissions de NOx**

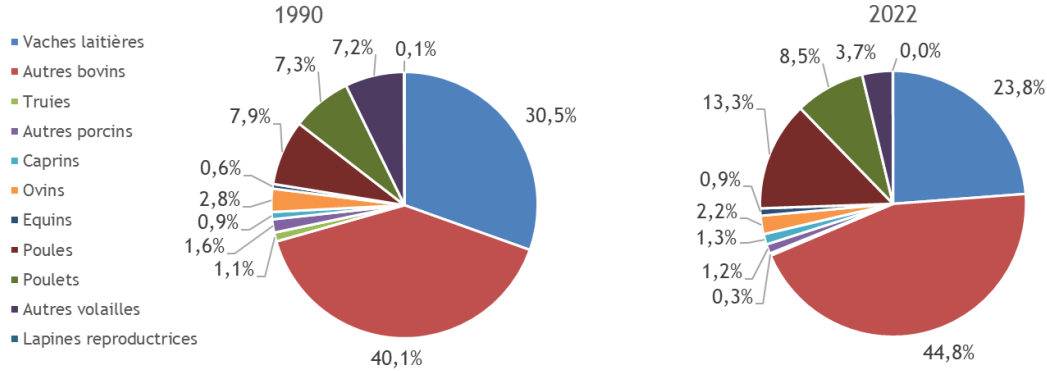


Figure 137 : Répartition des émissions de NOx par grande catégorie animale en 1990 et 2022

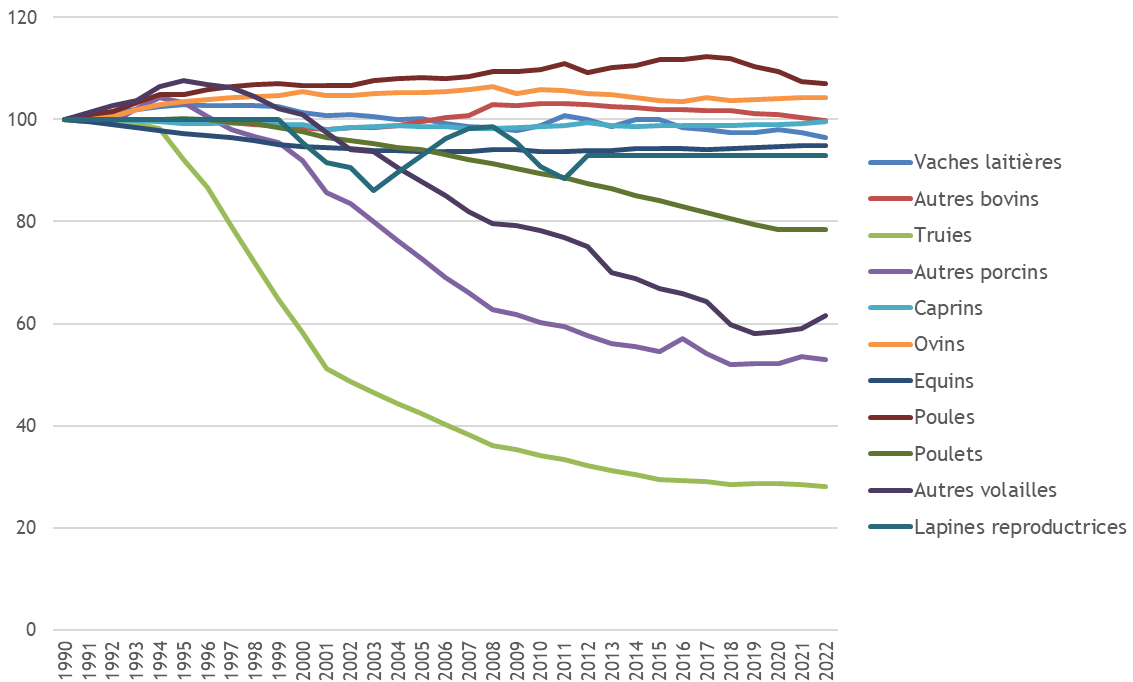


Figure 138 : Évolution du facteur d'émission moyen de NOx recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Comme pour les émissions de NH<sub>3</sub>, les bovins sont les principaux contributeurs aux émissions de NOx et à leur baisse sur la période, du fait du recul du cheptel. Mis à part pour les porcins, les facteurs d'émission moyens recalculés sont assez stables sur la période. Le facteur d'émission moyen estimé pour les porcins est en forte baisse sur la période, principalement en lien avec le développement des stations de nitrification-dénitrification depuis 1998 et la méthanisation depuis 1990. En effet, à ces effluents traités ne sont associées aucune émission de NOx. Enfin, la hausse constatée sur le facteur d'émission moyen en poules s'explique par la baisse des émissions de NH<sub>3</sub> au bâtiment (disparition des systèmes en fosse profonde), menant au stockage d'une quantité plus importante d'azote ammoniacal à partir de laquelle sont estimées les émissions de NOx.

**Emissions de PM<sub>10</sub>**

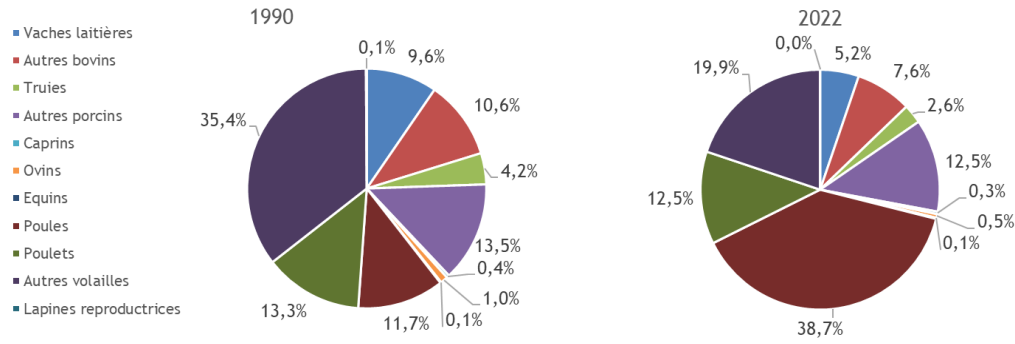


Figure 139 : Répartition des émissions de PM<sub>10</sub> par grande catégorie animale en 1990 et 2022

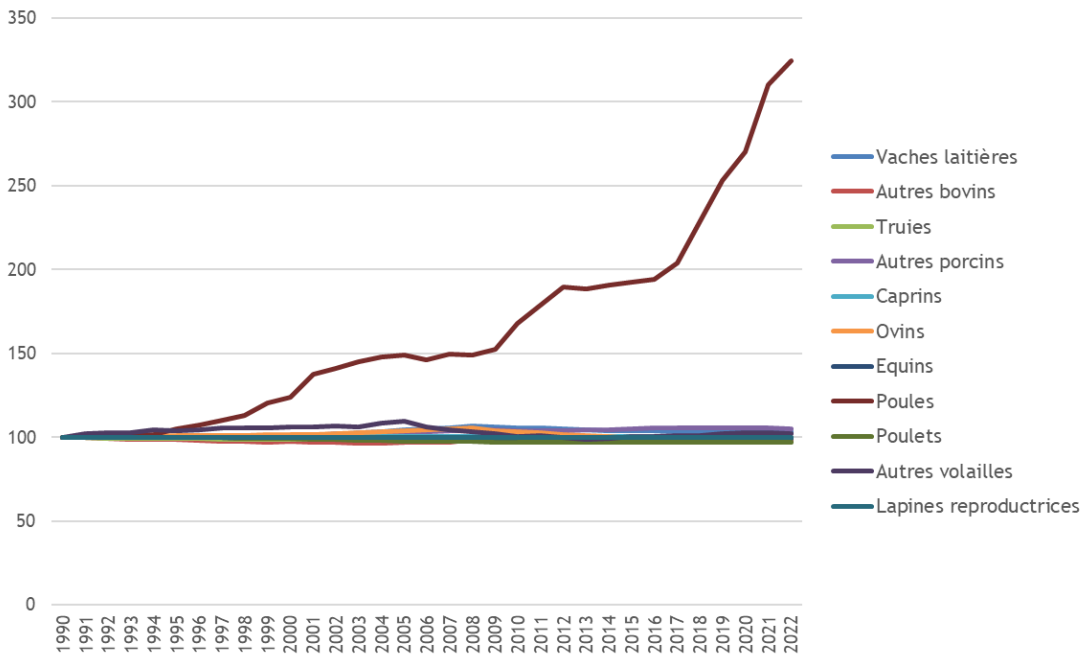


Figure 140: Evolution du facteur d'émission moyen de PM<sub>10</sub> recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Pour les PM<sub>10</sub>, la source principale et la principale source contribuant à la hausse des émissions est la gestion des volailles au bâtiment. Les facteurs d'émission moyen sont assez stables sur la période, à l'exception de ceux en poules. Cette hausse du facteur moyen s'explique par la diminution de la part de poules élevées en cages au profit de systèmes d'élevage alternatifs de type perchoir ou au sol, plus émetteurs de PM<sub>10</sub>, malgré la mise en place progressive dans certains bâtiments de laveurs d'air.

**Emissions de PM<sub>2,5</sub>**

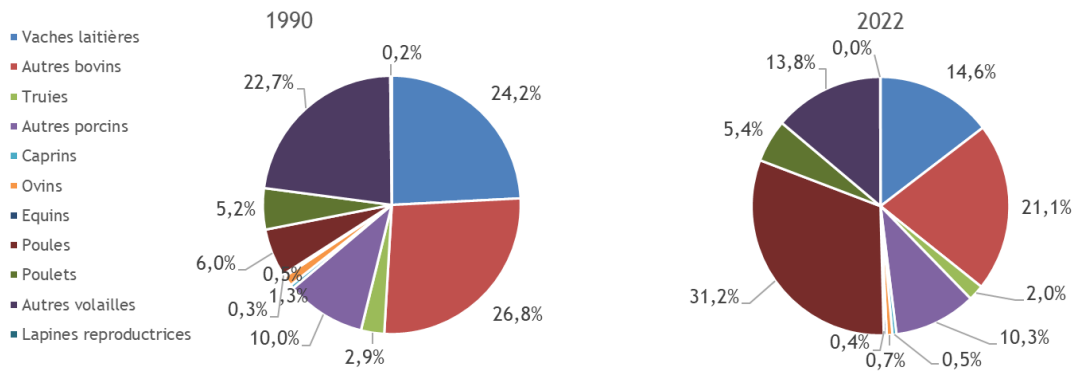


Figure 141 : Répartition des émissions de PM<sub>2,5</sub> par grande catégorie animale en 1990 et 2022

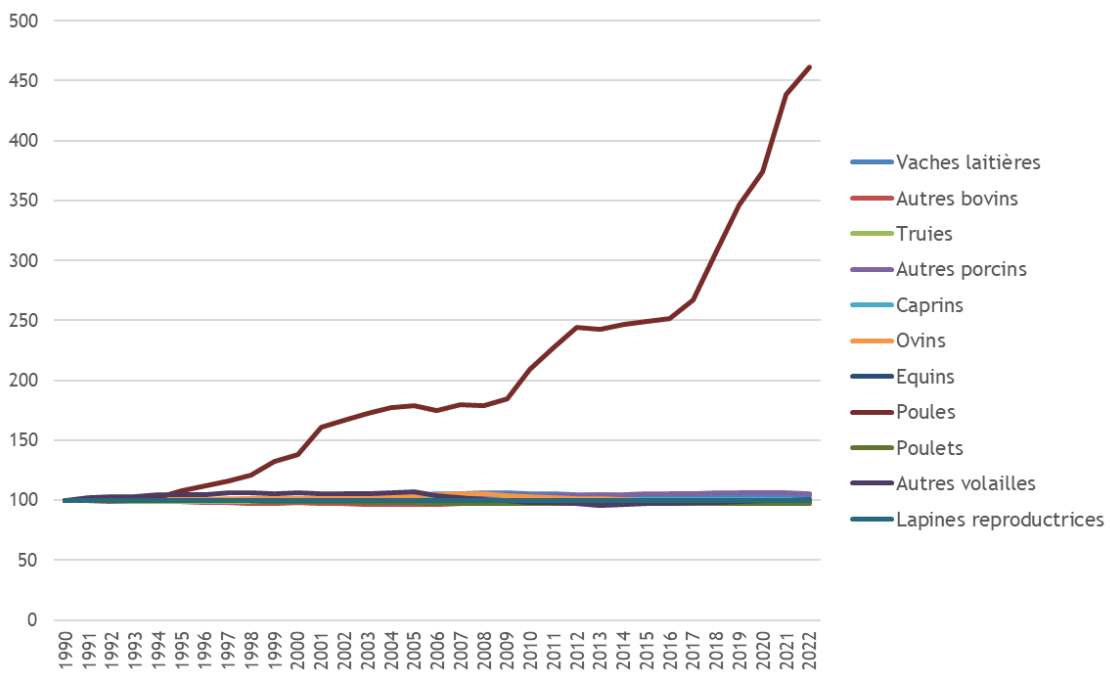


Figure 142 : Evolution du facteur d'émission moyen de PM<sub>2,5</sub> recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Pour les émissions de PM<sub>2,5</sub>, les volailles voient leur contribution augmenter au fil du temps du fait de la baisse du cheptel bovins, de la hausse du cheptel volailles et, comme mentionné précédemment, de la diminution de la part des poules élevées en cages au profit de système d'élevage de type perchoir ou au sol, plus émetteurs de PM<sub>2,5</sub>, malgré la mise en place progressive dans certains bâtiments de laveurs d'air.

**Emissions de COVNM**

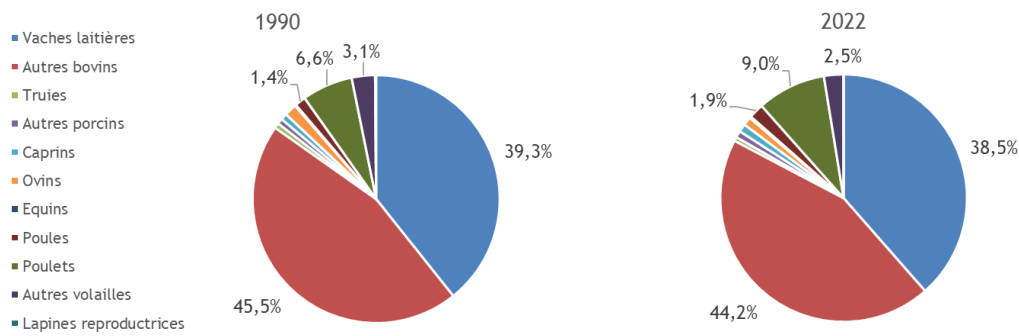


Figure 143 : Répartition des émissions de COVNM par grande catégorie animale en 1990 et 2022

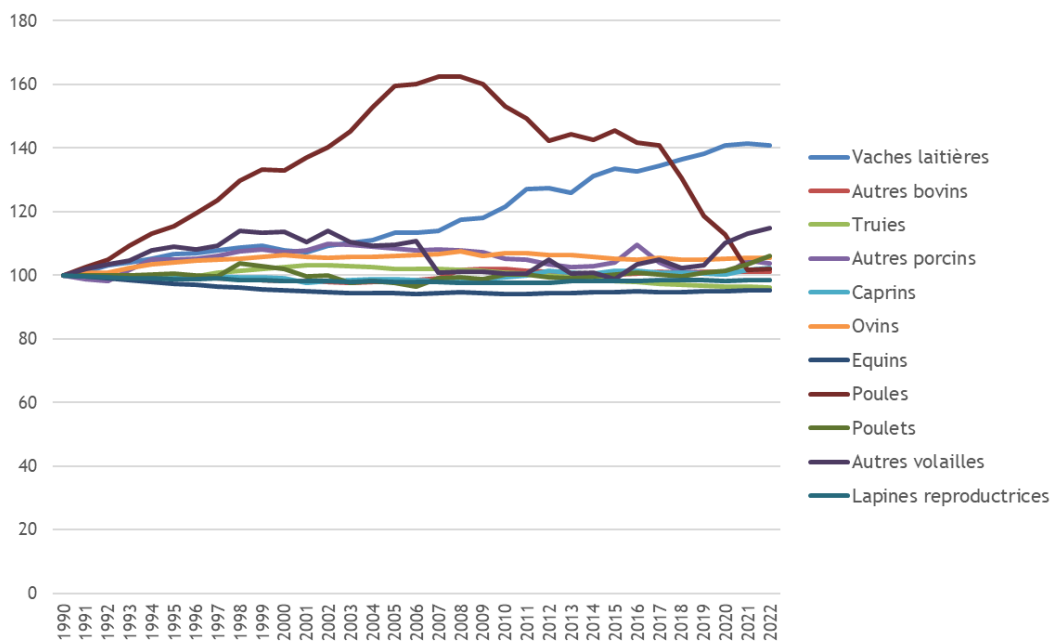


Figure 144 : Evolution du facteur d'émission moyen de COVNM recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Les émissions de COVNM attribuées au poste 3B concernent le silo et l'aire d'alimentation, la gestion des déjections au bâtiment et au stockage. Ici encore, le cheptel bovin ressort comme principal contributeur sur la période, à la fois aux émissions mais également à la baisse constatée sur la période.

## 5.2.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 5.2.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données Ominea disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>

Les émissions liées à la gestion des déjections sont traitées de manière différente selon les polluants concernés. Les principales données utilisées pour le calcul de ces émissions sont :

- Les cheptels (voir section 3\_Agriculture)
- Les systèmes de gestion des déjections (SGDA) (voir section 3\_Agriculture)
- Les quantités d'azote et de solides volatils (SV) excrétées (voir section 3\_Agriculture et section plus loin)
- Les facteurs d'émissions principalement issus du Giec 2019 [1229] et du guide EMEP / EEA 2019 [1138],
- Les taux d'application des pratiques de réduction d'émission de NH<sub>3</sub> et les facteurs d'abattement associés.

#### Emissions de SO<sub>2</sub>

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

#### Emissions de NO<sub>x</sub>

Les émissions de NO<sub>x</sub> (NO exprimé en équivalent NO<sub>2</sub>) issues du stockage des déjections sont mal connues. Ces émissions sont estimées conformément à la méthodologie EMEP/EEA 2019 [1138].

La méthodologie EMEP distingue deux types d'effluents : liquide et solide. Ci-dessous la correspondance avec les systèmes de gestion décrits en section « 3\_Agriculture » :

Tableau 127 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion

	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier	Litière accumulée
Correspondance EMEP	Liquide	Liquide	Solide	Solide

Les émissions de NO<sub>x</sub> (NO exprimé en équivalent NO<sub>2</sub>), sont calculées comme suit :

$$NO_2 = [TAN_{stock\_liquide} \times FE_{stockage\_NO_{liquide}} + TAN_{stock\_solide} \times FE_{stockage\_NO_{solide}}] \times 46/14$$

*Avec : TAN<sub>stock\_liquide</sub> = Quantité d'azote ammoniacal totale stockée par catégorie animale, gérée en système liquide ; TAN<sub>stock\_solide</sub> = Quantité d'azote ammoniacal totale stockée par catégorie animale, gérée en système solide.*

Les facteurs d'émission utilisés correspondent aux facteurs d'émission par défaut tirés d'EMEP 2019 (Tableau 3-10) et varient selon les modes de gestion des déjections animales (liquide et solide). Ces facteurs d'émission sont exprimés par unité d'azote ammoniacal stocké, dont le calcul est détaillé dans la section « Emissions de NH<sub>3</sub> ». On a :

- FE<sub>stockage\_NO<sub>liquide</sub></sub> = 0,0001 kg N-NO/kg TAN<sub>stock</sub> ;
- FE<sub>stockage\_NO<sub>solide</sub></sub> = 0,01 kg N-NO/kg TAN<sub>stock</sub>.

#### Emissions de COVNM

Selon le guide EMEP 2019 [1138], la majorité des COVNM émis par l'élevage serait composée d'iso propanol, de n-propanol, d'acétaldéhyde et d'acides carbonés à chaînes courtes (acide acétique, acide propionique, acide butanoïque).

La méthode suivie correspond à la méthode de niveau 2 du guide EMEP 2019 [1138]. Cette méthode de calcul prévoit 6 postes d'émissions : le silo, l'aire d'alimentation, le bâtiment, le stockage, l'épandage, le pâturage ou le parcours.

On a donc :

$$\text{COVNM}_{\text{total}} = \text{COVNM}_{\text{silo}} + \text{COVNM}_{\text{alimentation}} + \text{COVNM}_{\text{bâtiment}} + \text{COVNM}_{\text{stockage}} + \text{COVNM}_{\text{épandage}} + \text{COVNM}_{\text{pâturage}}$$

Avec :

- $\text{COVNM}_{\text{alimentation}} =$ 
  - o Pour les bovins :  $\text{EB} \times \% \text{bâtiment} \times (\text{FE}_{\text{alimentation}} \times \text{Frac}_{\text{silage}})$
  - o Pour les autres animaux :  $\text{VS} \times \% \text{bâtiment} \times (\text{FE}_{\text{alimentation}} \times \text{Frac}_{\text{silage}})$
- $\text{COVNM}_{\text{silo}} = \text{Frac}_{\text{silage\_store}} \times \text{COVNM}_{\text{alimentation}}$
- $\text{COVNM}_{\text{bâtiment}} =$ 
  - o Pour les bovins :  $\text{EB} \times \% \text{bâtiment} \times \text{FE}_{\text{bâtiment}}$
  - o Pour les autres animaux :  $\text{VS} \times \% \text{bâtiment} \times \text{FE}_{\text{bâtiment}}$
- $\text{COVNM}_{\text{stockage}} = \text{COVNM}_{\text{bâtiment}} \times (\text{NH}_{3\_stockage} / \text{NH}_{3\_bâtiment})$
- $\text{COVNM}_{\text{épandage}} = \text{COVNM}_{\text{bâtiment}} \times (\text{NH}_{3\_épandage} / \text{NH}_{3\_bâtiment})$
- $\text{COVNM}_{\text{pâturage}} =$ 
  - o Pour les bovins :  $\text{EB} \times (1 - \% \text{bâtiment}) \times \text{FE}_{\text{pâturage}}$
  - o Pour les autres animaux :  $\text{VS} \times (1 - \% \text{bâtiment}) \times \text{FE}_{\text{pâturage}}$

Le calcul des **énergies brutes** pour les bovins est présenté en section « 3a\_enteric fermentation ». Le calcul des **SV** pour les autres animaux est présenté dans la présente section, au niveau du paragraphe sur les émissions de CH<sub>4</sub>.

Les **facteurs d'émission** utilisés sont ceux proposés par défaut dans le guide EMEP / EEA 2019 [1138].

Le paramètre **%bâtiment** correspond à la part du temps passé au bâtiment par l'animal. Le calcul de ce paramètre est décrit en section générale « 3\_Agriculture ».

Le paramètre **Frac<sub>silage\_store</sub>** prend la valeur par défaut proposée dans le guide EMEP / EEA 2019 [1138] représentant les conditions européennes : 0,25.

Le paramètre **Frac<sub>silage</sub>** correspond à la part d'ensilage dans la ration au bâtiment, sur la proportion maximale d'ensilage possible. En pratique, la proportion maximale d'ensilage dans la matière sèche est d'environ 50 % de l'apport total en matière sèche. Si l'alimentation en ensilage est dominante, ce paramètre doit être égal à 1. Les sources mobilisées pour estimer ce paramètre varient selon la catégorie animale concernée :

- Pour les vaches laitières : deux publications sur la part des différents fourrages composant les rations moyennes types pour les vaches laitières ont été produites par le Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL) : l'une pour 2007 [477], l'autre pour 2018 [1251]. Ces rations sont présentées en section « 3\_agriculture ». En 2007, la part d'ensilage d'herbe et de maïs dans la ration est estimée à 42 %, ce qui correspond à un **Frac<sub>silage</sub>** de 84 %. En 2018, la part d'ensilage d'herbe et de maïs dans la ration est estimée à 60 %, ce qui correspond à un **Frac<sub>silage</sub>** de 100 % car l'ensilage est dominant. Le **Frac<sub>silage</sub>** 2007 est utilisé pour la période 1990-2007, celui de 2018 à partir de 2018. Les données sont interpolées entre ces années.
- Pour les autres bovins : ce paramètre est estimé à partir des résultats tirés d'une étude réalisée en 2012 par l'Institut de l'Elevage pour le CIV (Centre d'Information des Viandes) [657]. Dans ces données du CIV, des informations sont fournies concernant la catégorie "herbe conservée", sans connaître la répartition foin/ensilage. Pour avoir cette distinction, la publication de Devun et al [1259] a été utilisée. Sont ensuite sommées les parts d'ensilage d'herbe et de maïs pour obtenir la part totale d'ensilage. Celle-ci est estimée à 32 % en bovins viande, ce qui correspond à un **Frac<sub>silage</sub>** de 65 %, et à 52 % en bovins lait, ce qui correspond à un **Frac<sub>silage</sub>** de 100 %. Ces paramètres sont constants dans le temps. La valeur bovins lait est attribuée aux sous-catégories laitières (hors vaches laitières), la valeur bovins viande est attribuée aux sous-catégories nourrices et boucheries. Pour les animaux de moins d'un an, la moyenne bovins lait et viande est considérée. Pour les veaux de boucherie, le **Frac<sub>silage</sub>** est considéré nul.

- Pour les chèvres : ce paramètre est estimé à partir du document de l'IDELE [983] qui fournit des rations et permet d'estimer l'azote excrété. La part de maïs ensilage considérée est de 14 %, soit un  $\text{Frac}_{\text{silage}}$  de 28 %. Cette valeur est maintenue sur la période. Pour les autres caprins, le  $\text{Frac}_{\text{silage}}$  est considéré nul.
- Pour les ovins : ce paramètre est estimé à partir du document de l'IDELE sur l'alimentation des ovins [961] qui fournit la part d'ensilage de maïs et d'herbe conservée pour les systèmes lait et allaitant. Pour connaître la répartition foin/ensilage au sein de la catégorie « herbe conservée », la publication de Devun et al [1259] a été utilisée. Sont ensuite sommées les parts d'ensilage d'herbe et de maïs pour obtenir la part totale d'ensilage. Celle-ci est estimée à 12 % en ovins lait, ce qui correspond à un  $\text{Frac}_{\text{silage}}$  de 24 %, et à 14 % en ovins viande, ce qui correspond à un  $\text{Frac}_{\text{silage}}$  de 28 %. Ces paramètres sont constants dans le temps. La valeur ovins lait est attribuée aux brebis laitières, la valeur ovins viande aux brebis allaitantes, et la valeur moyenne est utilisée pour la catégorie « autres ovins ». Pour les agnelles, les valeurs ovins lait et viande sont pondérées au prorata des effectifs différenciés entre les agnelles laitières et allaitantes fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007.
- Pour les autres animaux : le  $\text{Frac}_{\text{silage}}$  est considéré nul.

Ainsi, les émissions sont dépendantes de la quantité d'énergie brute ingérée pour les bovins, et des SV excrétés pour les autres animaux, au silo, à l'aire d'alimentation, au bâtiment, et au pâturage. Les émissions à l'épandage et au stockage sont supposées corrélées aux émissions de  $\text{NH}_3$  et les mêmes ratios entre émissions au bâtiment et au stockage d'une part et entre émissions au bâtiment et à l'épandage d'autre part sont utilisés pour calculer les émissions de COVNM à ces postes.

**Important** : les émissions de COVNM liées à l'alimentation, au silo, au bâtiment et au stockage sont rapportées en « 3B\_Manure management » par catégorie animale. Les émissions de COVNM de l'épandage et la pâture sont rapportées en « 3D\_Agricultural soils ».

### *Emissions de CO*

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

### *Emissions de $\text{NH}_3$*

L'agriculture contribue à la quasi-totalité des émissions d'ammoniac en France, principalement du fait de la gestion des déjections animales (bâtiment, stockage, épandage et pâture) et de la fertilisation minérale.

La méthodologie d'estimation des émissions d'ammoniac de l'élevage est basée sur l'approche Tier 2 développée dans le guide EMEP/EEA 2019 [1138]. Toutefois, l'approche développée dans PACRETE pour les inventaires français va parfois plus loin, en utilisant une catégorisation animale plus détaillée que celle d'EMEP pour l'azote excrété.

Par ailleurs, certaines techniques de réduction des émissions de  $\text{NH}_3$  sont intégrées dans le calcul :

- Lavage d'air dans les bâtiments porcins,
- Couverture de fosse des lisiers,
- Traitement des lisiers porcins par nitrification-dénitrification,
- Epandage avec des matériels peu émissifs et enfouissement rapide des déjections.

Les travaux pour améliorer l'intégration de ces pratiques de réduction d'émission de  $\text{NH}_3$  vont se poursuivre afin de refléter au mieux l'évolution des pratiques du secteur.

### Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction

#### (1) Lavage d'air dans les bâtiments porcins

En 2015, une enquête « pratiques d'élevage » a été menée par le service des statistiques du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire [980], s'inscrivant dans la continuité des enquêtes bâtiment menées en 1994, 2001 et 2008. Elle concerne les bovins, les porcins, les caprins, les ovins

et les volailles et est disponible à l'échelle des nouvelles régions. Une description plus détaillée de cette enquête est disponible en section « 3\_Agriculture ».

Parmi les paramètres présentés dans les résultats de cette enquête, sont rapportés :

- les pourcentages de « lavage de l'air, brumisation, cooling, biofiltre ou autre » pour les capacités porcines suivantes : truies en gestation, truies en maternité, truies non saillies, porcelets en nurserie, porcelets en post-sevrage et porcs à l'engrais ;
- les pourcentages de « lavage de l'air, cooling, biofiltre ou autre » pour les capacités volailles suivantes : poulets standards, poulets lourds, dindes et poules pondeuses d'œuf pour la consommation, ces dernières étant distinguées selon le mode d'élevage (bio, plein air, sol, cage).

Ces informations ne sont en revanche pas disponibles pour les bovins, ovins et caprins. Pour une définition plus détaillée des capacités, se reporter à la section « 3\_agriculture ».

Après discussions avec la profession, il a été considéré que le lavage d'air n'était pas rencontré en bâtiment volailles. Aucune réduction en volailles n'est donc associée à cette pratique.

Dans la SAA, les catégories animales peuvent différer des capacités proposées dans l'enquête pratiques d'élevage. Les retraitements suivants ont été apportés :

- Pour les truies : elles sont toutes regroupées en une catégorie dans la SAA, quel que soit leur stade. Les données tirées des enquêtes pratiques d'élevage doivent alors être pondérées. Cette pondération est précisée en section « 3\_agriculture ».
- Pour les verrats : faute de données disponibles dans les enquêtes, les valeurs recalculées pour les truies leur sont attribuées.

On considère que les pourcentages présentés dans les résultats des enquêtes **s'appliquent directement aux effectifs (cheptels) gérés au bâtiment.**

Ces pourcentages sont disponibles au niveau national et pour les nouvelles régions les plus productrices, qui sont, en porcins : Bretagne, Pays de la Loire, Hauts-de-France. Pour compléter la couverture géographique des résultats et effectuer les calculs au niveau des anciennes régions, les retraitements suivants ont été apportés (pour plus de détails sur le périmètre géographique, se reporter à la section « 3\_agriculture ») :

- **Etape 1** : traitement des données pour les nouvelles régions enquêtées. Les pourcentages de traitement de l'air sont connus. Ces pourcentages pour les nouvelles régions, pouvant regrouper plusieurs anciennes régions, sont appliqués à l'ensemble des anciennes régions pertinentes et permettent ainsi de définir la part des animaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air.
- **Etape 2** : recalcul du solde national. Les animaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air pour les régions connues sont soustraits des effectifs nationaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air.
- **Etape 3** : recalcul des pourcentages de répartition pour les régions manquantes. Les pourcentages d'animaux gérés dans des bâtiments avec traitement de l'air sont calculés à partir des effectifs recalculés à l'étape 2. Ces pourcentages sont appliqués pour les régions non enquêtées.



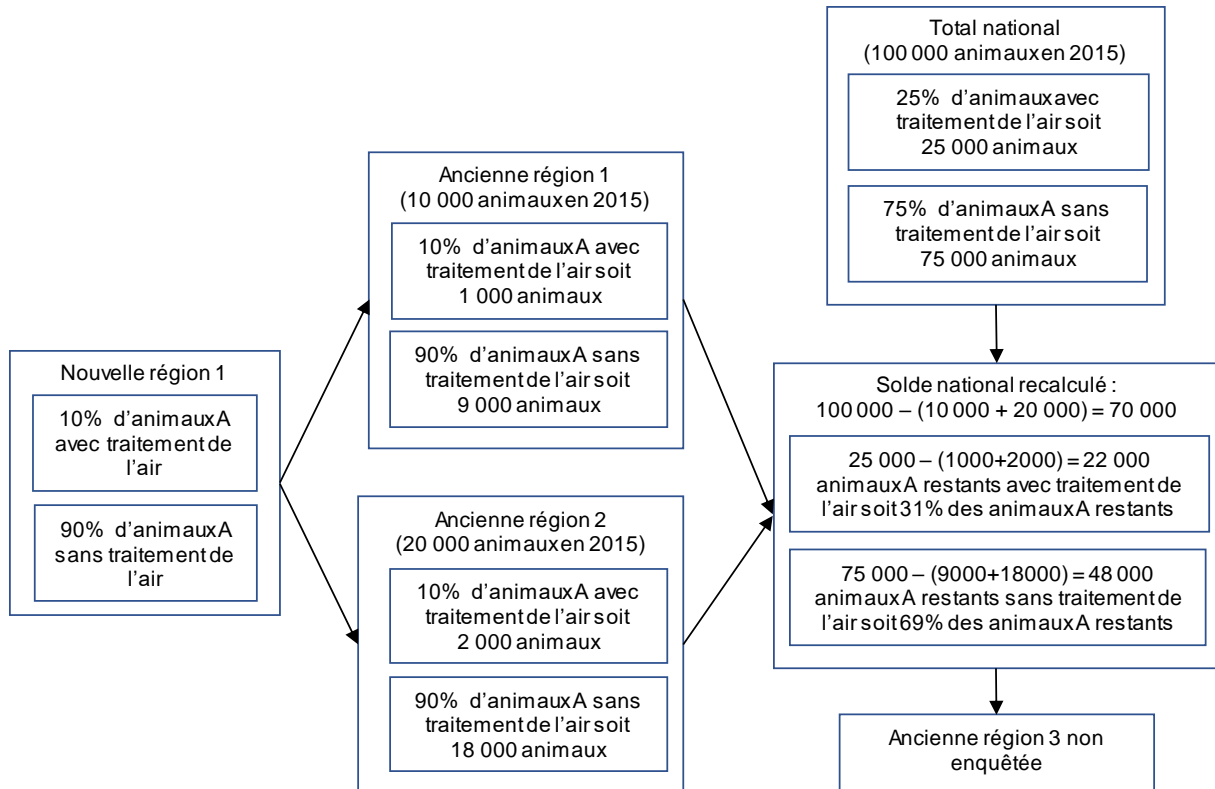


Figure 145 : Illustration fictive du retraitement des données de traitement de l'air en bâtiments porcins effectué pour mettre en cohérence le périmètre géographique des enquêtes pratiques d'élevage

Les résultats des données retravaillées pour les porcins sont les suivants :

Tableau 128 : Pourcentages recalculés des effectifs porcins élevés en bâtiment avec traitement de l'air par grande région productrice et solde national

% des effectifs gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air	Bretagne	Pays de la Loire	Picardie (désormais Hauts-de-France)	Nord-Pas-de-Calais (désormais Hauts-de-France)	Solde national
Porcelets non sevrés (<8kg)	1,2%	3,7%	1,8%	1,8%	1,2%
Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,8%	1,6%	0,9%	0,9%	1,2%
Porcs à l'engrais (>30kg)	0,5%	1,7%	1,3%	1,3%	1,2%
Verrats de 50 kg et plus	1,2%	3,7%	1,8%	1,8%	1,1%
Truies de 50 kg et plus	1,2%	3,7%	1,8%	1,8%	1,1%

Faute de données disponibles avant 2015, des hypothèses ont été formulées pour estimer les taux d'application du traitement de l'air pour le passé :

Tableau 129 : Attribution des taux d'application de traitement de l'air sur la période

	1990	1991 - 2004	2005 - année en cours
% des effectifs gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air	0%	Interpolation linéaire 1990 - 2005	Données 2015

## (2) Traitement des lisiers porcins par nitrification-dénitrification

Pour estimer les abattements liés à la nitrification-dénitrification, il faut pouvoir estimer les quantités d'azote ammoniacal traitées.

Les premières stations de nitrification-dénitrification ont été mises en service en France en 1998 [1990]. Depuis, de nombreuses autres stations ont vu le jour. Des données relatives aux quantités traitées peuvent être trouvées au sein de différentes sources. Elles concernent **uniquement les lisiers porcins**.

- Les publications de Levasseur [989] fournissent, pour les années 2003 et 2005, le nombre de stations en Bretagne, et le nombre total de stations en France. Elles fournissent également les quantités d'azote résorbées, mais uniquement pour la Bretagne (2003 et 2005).
- La publication de Lessirard [990] fournit le nombre de stations et les quantités d'azote résorbées en Bretagne pour l'année 2007 ;
- Les publications de l'UGPVB (Union des Groupements de Producteurs de Viande de Bretagne) [991][992] fournissent le nombre de stations en Bretagne pour les années 2013, 2016 et 2017. L'UGPVB a également fourni les quantités d'azote résorbées en Bretagne pour 2010, 2013 et 2015.

Ces différentes données nous permettent de formuler des hypothèses de manière à estimer le nombre de stations de nitrification-dénitrification sur la période :

**Tableau 130 : Résumé des modes d'estimation du nombre de stations de traitement par nitrification-dénitrification sur la période**

	En Bretagne	Hors Bretagne	Total France
1990-1997	0	0	0
1998-2002	Interpolation linéaire 1997 - 2003		Interpolation linéaire 1997 - 2003
2003	Données [989]	Calcul du différentiel (France - Bretagne)	Données [989]
2004	Moyenne 2003,2005		Moyenne 2003,2005
2005	Données [989]		Données [989]
2006	Moyenne 2005,2007		
2007	Données [990]		
2008- 2012	Interpolation linéaire 2007 - 2013		
2013	Données [991]		
2014-2015	Interpolation linéaire 2013 - 2016	Report de la valeur recalculée 2005	Somme des stations Bretagne + Hors Bretagne
2016	Données [992]		
2017	Données [992]		
2018	Report de la donnée 2017		
2019	Report de la donnée 2017		
2020	Report de la donnée 2017		
2021	Report de la donnée 2017		

L'azote résorbé dans les publications de l'UGPVB correspond à la fois à l'azote volatilisé sous forme de N<sub>2</sub> dans les stations de nitrification-dénitrification, mais aussi à l'azote volatilisé sous d'autres formes ou encore à l'azote exporté vers d'autres régions.

Pour estimer l'azote résorbé par nitrification-dénitrification, ont été considérées uniquement les modalités de traitement nommées « biologique simple » et « biologiques complet » car on considère bien, pour ces modalités, que **l'azote résorbé est volatilisé en N<sub>2</sub>**. En moyenne, on a 90% de l'azote résorbé relevant de ces modalités en Bretagne. Ce pourcentage est également appliqué aux données d'azote résorbé issues des publications de Levasseur et Lessirard, afin d'éviter toute surestimation de ces quantités. Pour la Bretagne, les quantités d'azote résorbées sont donc recalculées avec ce pourcentage. Pour les stations hors Bretagne, faute de données disponibles, on retient la valeur de 18 tN résorbées par station et par an, correspondant à la valeur observée avant 2003 en Bretagne.

*A noter : pour la Bretagne, cette valeur recalculée d'azote résorbé par station a évolué sur la période, passant de 18 tN/station/an en 1998 à 25 tN/station/an en 2017.*

Les quantités d'azote résorbées sont estimées de la façon suivante sur la période :

**Tableau 131 : Résumé des modes d'estimation de l'azote résorbé par nitrification-dénitrification sur la période**

Azote résorbé (tN)	En Bretagne	Hors Bretagne	Total France
1990-1997	0	0	0
1998-2002	Interpolation linéaire 1997 - 2003		
2003	Données [989] x 90%		
2004	Moyenne 2003,2005		
2005	Données [989] x 90%		
2006	Moyenne 2005,2007		
2007	Données [990] x 90%		
2008- 2012	Interpolation linéaire 2007 - 2013		
2013	Données [991] x 90%		
2014-2015	Interpolation linéaire 2013 - 2016		
2016	Données [992] x 90%		
2017	Données [992] x 90%		
2018	Report de la donnée 2017		
2019	Report de la donnée 2017		
2020	Report de la donnée 2017		

Application du ratio moyen  
(18 tN/station/an) au  
nombre de stations  
recalculé

Somme des stations  
Bretagne + Hors Bretagne

### (3) Couverture de fosse à lisier

Parmi les paramètres présentés dans les résultats de l'enquête « pratiques d'élevage » de 2015 [980] (voir description plus détaillée en section « 3\_agriculture »), **les pourcentages des fosses couvertes par mode de couverture** (avec toit, avec bâche et mât central, avec bâche flottante, sous dalle, non couverte) sont rapportés pour les **bovins** (détail disponible pour certaines catégories et toutes catégories confondues), les **porcins** (toutes catégories confondues), pour les **ovins** (élevages de brebis laitières) et pour les **caprins** (toutes catégories confondues).

Parmi les différents modes de couverture proposés dans les enquêtes, seules les couvertures avec **bâche et mât central** et celles avec **bâche flottante** ont été retenues comme pratiques de réduction des émissions de NH<sub>3</sub>.

On considère que les pourcentages de fosses couvertes présentés dans les résultats des enquêtes sont une bonne approximation du pourcentage des quantités de lisier (et en particulier d'azote ammoniacal contenu dans les lisiers) stockées selon les différentes couvertures renseignées. Ainsi, ces pourcentages seront appliqués **directement aux quantités d'azote ammoniacal stockées des lisiers pour les catégories concernées**. De plus, la distinction par sous-catégories n'étant pas disponible, ces pourcentages sont appliqués à **l'ensemble des sous-catégories de l'espèce concernée** (bovins, porcins, ovins, caprins).

Ces pourcentages sont disponibles au niveau national et pour les nouvelles régions les plus productrices, qui varient selon les espèces. La distinction régionale a été utilisée en porcs uniquement (détail disponible pour les régions Pays de la Loire et Bretagne).

- **Pour les bovins, ovins et caprins** : la part des fosses couvertes est estimée directement au niveau national et appliquée à l'ensemble des régions.
- **Pour les porcins** : la part des fosses couvertes est estimée pour les régions Pays de la Loire et Bretagne, puis le solde national est réparti entre les autres régions au prorata des effectifs gérés en lisier.

De nouvelles données issues du recensement agricole 2020 [1249] ont pu être intégrées. Ce dernier fournit les capacités totales des fosses en 2020 (toutes espèces confondues), ainsi que la capacité totale des fosses avec couverture artificielle souple imperméable (bâche...) (toutes espèces confondues également). Faute de détails concernant les catégories animales, cette capacité totale 2020 couverte est ensuite répartie au prorata des capacités couvertes 2015. Cela permet malgré tout d'intégrer une évolution sur les années récentes.

Les résultats des données retravaillées sont les suivants :

**Tableau 132 : Pourcentages des lisiers stockés en fosse couverte pour les bovins, porcins, caprins et ovins en métropole pour 2015 et 2020**

% des lisiers stockés en fosse couverte (bâche et mât central + bâche flottante)	2015	2020
Bovins	1.3 %	10.1 %
Porcins	2.3 %	17.7 %
Caprins	8.5 %	65.3 %
Ovins	4.6 %	35.5 %
<b>Total national</b>	<b>1.6 %</b>	<b>12.6 %</b>

*A noter : la part des fosses couvertes en ovins et caprins paraît très élevée, mais pèse finalement peu dans le total national car ces espèces sont peu gérées en système liquide.*

Faute de données disponibles avant 2015, des hypothèses ont été formulées pour estimer les taux d'application des couvertures de fosse pour le passé :

**Tableau 133 : Attribution des taux d'application de la couverture de fosse sur la période**

	1990	1991 - 2014	2015	2016-2019	2020 - année en cours
% des lisiers stockés en fosse couverte (bâche et mât central + bâche flottante)	0%	Interpolation linéaire	Données 2015	Interpolation linéaire	Données 2020

#### (4) Modes d'épandage moins émissifs - Matériel et délais

Pour estimer les abattements liés aux modalités d'épandage, il faut pouvoir estimer les quantités d'azote ammoniacal épandues par type d'association (matériel + délais d'incorporation).

Les données utilisées sont issues des résultats d'enquêtes nommées « pratiques culturelles », conduites pour les années 2011 et 2017 [485], fournies par le service des statistiques du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire. Ces données permettent de connaître, au niveau régional, les quantités d'azote apportées (en tonnes d'azote) par type d'effluent, par matériel et délais d'épandage. Les combinaisons connues sont listées dans le tableau suivant.

*A noter : pour rendre le tableau plus lisible, les délais d'incorporation post-épandage en heures sont numérotés de la manière suivante :*

- Délais 1 : < 4 h ;
- Délais 2 : 4 < h < 12 ;
- Délais 3 : 12 < h < 24 ;
- Délais 4 : > 24 h ;
- Délais 5 : sans objet.

Tableau 134 : Combinaisons des pratiques tirées des enquêtes Pratiques Culturelles 2011 et 2017

Catégorie animale	Type d'effluent	Matériel	Délais
Bovins	Lisier	Buse et rampe	1 à 5
		Pendillard	1 à 5
		Enfouisseur	1
	Fumier	Indifférencié	1 à 5
		Epandeur fumier	1 à 5
		Indifférencié	1 à 5
Porcins	Lisier	Buse et rampe	1 à 5
		Pendillard	1 à 5
		Enfouisseur	1
	Fumier	Indifférencié	1 à 5
		Epandeur fumier	1 à 5
		Indifférencié	1 à 5
Volailles	Fumier	Epandeur fumier	1 à 5
		Indifférencié	1 à 5
Autres	Lisier	Buse et rampe	1 à 5
		Pendillard	1 à 5
		Enfouisseur	1
	Fumier	Indifférencié	1 à 5
		Epandeur fumier	1 à 5
		Indifférencié	1 à 5

Grâce à ces données, il est alors possible de répartir les quantités d'azote ammoniacal épandues (appelées TAN<sub>épandus</sub>) par combinaison de pratiques pour les années 2011 et 2017.

Pour les lisiers bovins et porcins, des données concernant les matériels d'épandage sont disponibles dans les enquêtes bâtiment 2001 et 2008 [480] mais aucune information n'est fournie sur les délais d'incorporation après épandage. Le choix a été fait d'abandonner les données fournies par l'enquête de 2008 au profit de celles de l'enquête pratiques culturelles de 2011, jugées plus pertinentes pour estimer les réductions d'émissions. En revanche, les données 2001 concernant les matériels ont bien été utilisées, en y associant des délais d'incorporation après épandage moyen recalculés à partir des données de 2011. Les données sont utilisées de la façon suivante sur la période :

- de 1990 à 2001 : utilisation des données des enquêtes bâtiments 2001 auxquelles on associe des délais d'incorporation moyen après épandage de 2011 ;
- de 2002 à 2010 : interpolation linéaire entre les données de 2001 (auxquelles on a associé des délais d'incorporation moyen après épandage de 2011) et celles de 2011 ;
- en 2011 : utilisation des données 2011 ;
- de 2012 à 2016 : interpolation linéaire entre les données de 2011 et celles de 2017 ;
- à partir de 2017 : utilisation des données 2017.

Pour les autres effluents, les données sont utilisées de la façon suivante sur la période :

- de 1990 à 2011 : utilisation des données 2011 ;
- de 2012 à 2016 : interpolation linéaire entre les données de 2011 et celles de 2017 ;
- à partir de 2017 : utilisation des données 2017.

Tableau 135 : Attribution des taux d'application des différents modes d'épandage sur la période

	1990-2001	2002-2010	2011	2012 - 2016	2017 - année en cours
Lisiers bovins et porcins	Données 2001 avec application des délais 2011	Interpolation linéaire 2001- 2011	Données 2011	Interpolation linéaire 2011- 2017	Données 2017
Autres déjections		Données 2011		Interpolation linéaire 2011- 2017	Données 2017

**Méthodologie générale d'estimation des émissions**

La méthodologie EMEP est basée sur les flux d'azote ammoniacal et organique pendant la gestion des déjections. Les émissions sont estimées au bâtiment, au stockage, à l'épandage et au pâturage (au parcours pour les porcins et les volailles). Cette méthode prend en compte également les pertes d'azote sous forme de N<sub>2</sub>, NO et N<sub>2</sub>O au bâtiment et au stockage, et les apports d'azote par la paille.

Les émissions totales de NH<sub>3</sub> correspondent à la somme des émissions des différents postes :

$NH_3 \text{ Total} = NH_3 \text{ Bâtiment} + NH_3 \text{ Stockage} + NH_3 \text{ Epandage} + NH_3 \text{ Pâturage}$
--

Cependant, les émissions sont rapportées dans des catégories différentes :

- NH<sub>3</sub> Bâtiment : émissions rapportées en 3B\_Manure management ;
- NH<sub>3</sub> Stockage : émissions rapportées en 3B\_Manure management ;
- NH<sub>3</sub> Epandage : émissions rapportées en 3D\_Agricultural soils ;
- NH<sub>3</sub> Pâturage : émissions rapportées en 3D\_Agricultural soils.

Viennent également s'ajouter des émissions de NH<sub>3</sub> pour les effluents méthanisés, liées au pré-stockage des effluents avant méthanisation, et au stockage des produits sortant. Ces émissions sont rapportées en 5B2 mais les calculs sont décrits dans cette section.

Malgré ces reportages différenciés, nous allons ici décrire les différentes équations utilisées pour estimer ces flux d'azote, en partant du bâtiment pour arriver jusqu'à l'épandage.

Au bâtiment, la méthodologie EMEP distingue deux types d'effluents : liquide et solide. Ci-dessous la correspondance avec les systèmes de gestion décrits en section « 3\_Agriculture » :

**Tableau 136 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion**

	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier	Litière accumulée
Correspondance EMEP	Liquide	Liquide	Solide	Solide

Les schémas ci-dessous résument le suivi de l'azote sur la chaîne bâtiment/stockage/épandage, en gestion liquide et en gestion solide.

*A noter : les chiffres indiqués dans les étoiles correspondent aux techniques de réduction des émissions de NH<sub>3</sub> suivantes : (1) Lavage d'air en bâtiments (porcins) ; (2) traitement des lisiers porcins par nitrification-dénitrification ; (3) couverture de fosse des lisiers (bovins, porcins, ovins, caprins) ; (4) matériel et délais d'épandage permettant la réduction des émissions.*

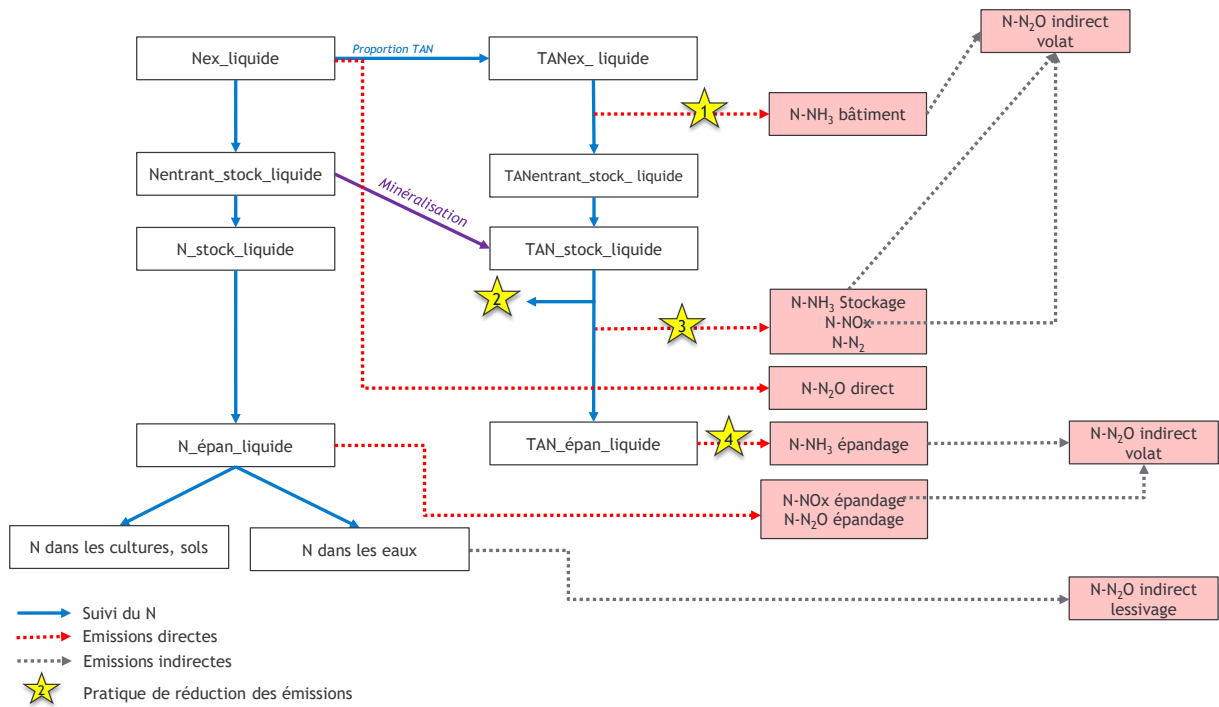


Figure 146 : Suivi de l'azote en gestion liquide

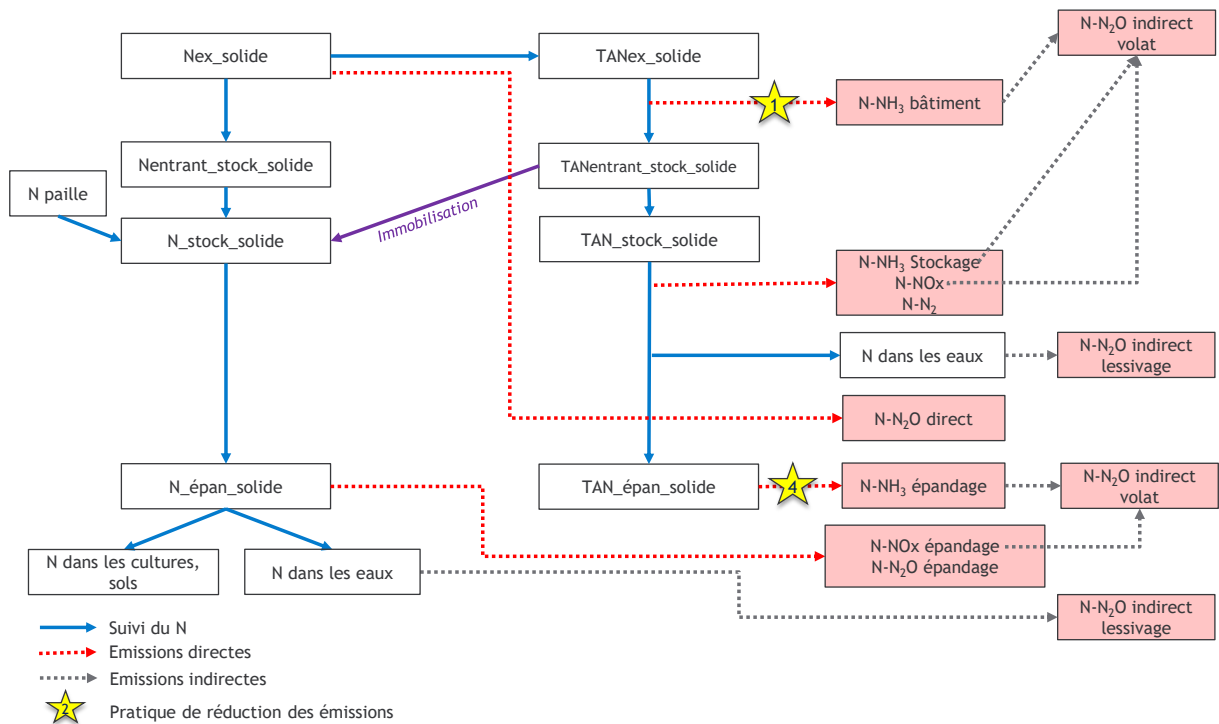


Figure 147 : Suivi de l'azote en gestion solide

Pour les effluents méthanisés, le suivi diffère légèrement. Les schémas ci-dessous résument le suivi de l'azote sur la chaîne bâtiment/méthanisation/épandage, en gestion liquide et en gestion solide.

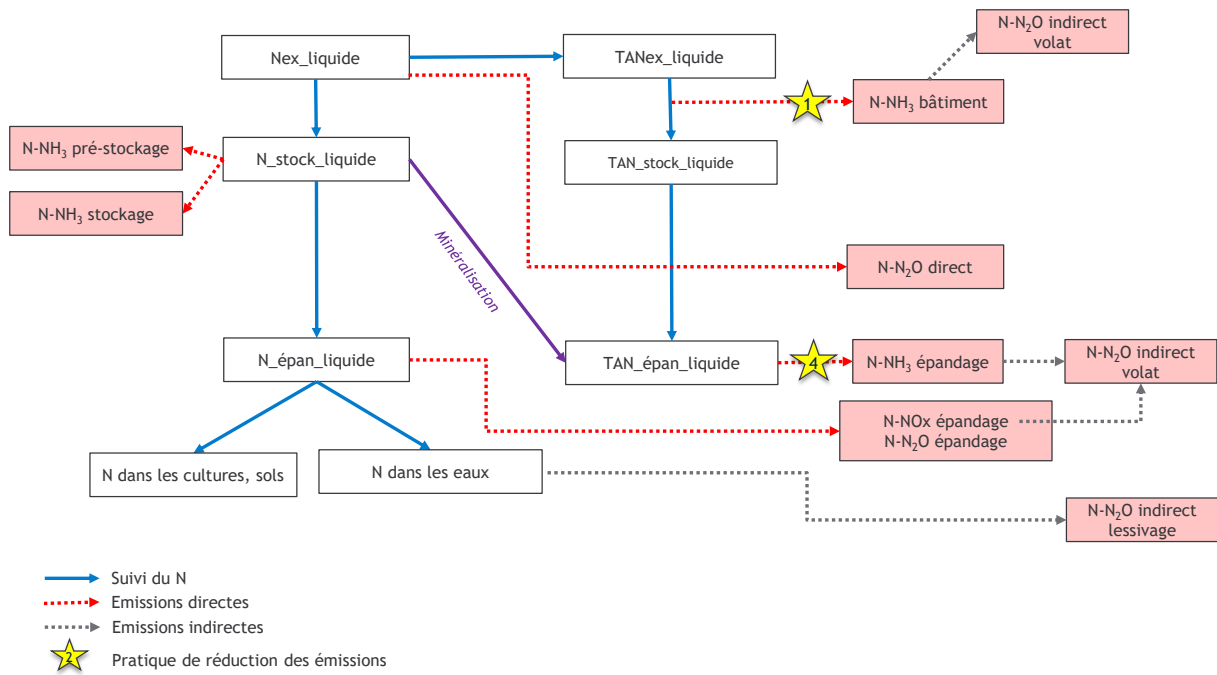


Figure 148 : Suivi de l'azote en gestion liquide avec méthanisation

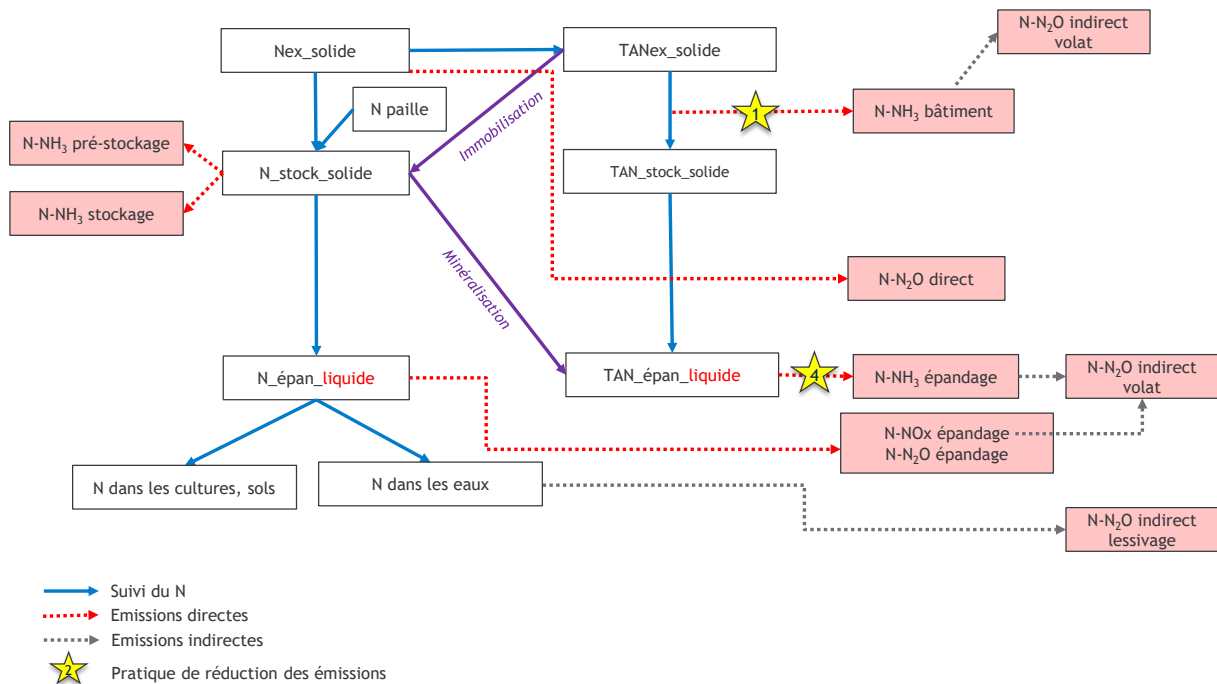


Figure 149: Suivi de l'azote en gestion solide avec méthanisation

**Poste Bâtiment**

La première étape consiste à évaluer l'azote excrété, par catégorie animale, par système de gestion des déjections, à partir de l'équation suivante :

$$N_{ex_i} = Population_{totale} \times SG_i \times F_{ex}$$

*Avec* :  $N_{ex_i}$  = Quantité d'azote totale excrétée par une catégorie animale pour le système de gestion des déjections  $i$  (kgN) ;  $Population_{totale}$  = Cheptel de la catégorie concernée (tête) ;  $SG$  = part de la



population gérée en système de gestion des déjections  $i$  ;  $F_{ex}$  = facteur d'excrétion azotée pour la catégorie concernée (kgN/tête).

Les  $F_{ex}$  sont nationaux et sont présentés en section 3\_Agriculture.

L'azote excrété est ensuite converti en azote ammoniacal (TAN) :

$$TAN_{ex, i} = N_{ex, i} \times TAN$$

*Avec* : TAN : Proportion d'azote ammoniacal

Les paramètres TAN varient selon les catégories animales et prennent les valeurs par défaut proposées par EMEP 2019, à l'exception de la catégorie équins pour laquelle les valeurs sont tirées d'une publication nationale [473]. La catégorie « cervidés d'élevage » se voit attribuer la même valeur que celle de la catégorie « ovins » faute de données disponibles.

**Tableau 137 : Tableau récapitulatif des proportions de TAN utilisées par catégorie animale**

	TAN (part du $N_{ex}$ )
Vaches laitières	0,60
Autres bovins	0,60
Porcins et truies	0,70
Caprins	0,50
Ovins	0,50
Equins	0,55
Volailles	0,70
Lapines reproductrices	0,60
Cervidés d'élevage	0,50

C'est à partir de l'azote ammoniacal qu'est calculé l'azote volatilisé en  $NH_3$  au bâtiment, selon l'équation suivante :

$$N-NH_3 \text{ Bâtiment} = \sum_i [ \text{Frac}_{Air, i} \times (TAN_{ex, i} \times FE_{i \text{ Bâtiment}} \times FA_{Air}) + (1 - \text{Frac}_{Air, i}) \times (TAN_{ex, i} \times FE_{i \text{ Bâtiment}}) ]$$

*Avec* :  $\text{Frac}_{Air, i}$  : part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air (ratio) ;  $FE_{\text{Bâtiment}}$  : Facteur d'émission de  $NH_3$  au bâtiment (kg  $N-NH_3$ /kg TAN) ;  $FA_{Air}$  : facteur d'ajustement associé au lavage d'air (ratio).

L'estimation du paramètre  $\text{Frac}_{Air}$ , représentant la part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air, est présentée dans la section « Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction ». Pour rappel, le traitement de l'air est renseigné uniquement pour les porcins.

La valeur du paramètre  $FA_{Air}$ , représentant le facteur d'ajustement associé au lavage d'air, a été estimée à partir des données d'une enquête sur les laveurs d'air en Bretagne en 2015 [995]. La valeur retenue est une réduction des émissions de  $NH_3$  de 30%, ce qui signifie un **facteur d'ajustement du facteur d'émission égal à 70%**. (NB : *facteur d'ajustement* = 1 - *facteur de réduction*)

Les facteurs d'émission de  $NH_3$  au bâtiment prennent les valeurs par défaut proposées par EMEP 2019, à l'exception de certaines catégories de volailles pour lesquelles une réflexion a été menée pour adapter les facteurs par défaut, jugés non représentatifs des élevages avicoles français. Les modifications suivantes ont été apportées :

- Poules pondeuses : le facteur d'émission par défaut EMEP a été adapté pour tenir compte de la cinétique d'hydrolyse de l'acide urique en azote ammoniacal [800], ralentie par la mise en place de certains systèmes de gestion des déjections spécifiques (tapis de pré-séchage, sécheur extérieur) dont le développement en France est connu et fourni par l'Institut Technique de l'Aviculture (ITAVI).

- Poulets de chair, dindes, pintades et cailles : des facteurs d'émissions spécifiques ont été développés par l'ITAVI pour le compte de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) [801].

Les facteurs d'émission par catégorie et système de gestion des déjections sont répertoriés dans le tableau suivant.

*A noter : Pour les poules pondeuses et les poulettes, le facteur d'émission recalculé varie dans le temps du fait de la progression des systèmes de gestion des déjections entraînant des réductions. De même, le facteur d'émission des poulets de chair varie dans le temps car cette catégorie est composée de plusieurs productions (standard, export, lourd) présentant des facteurs d'émission différents. Les valeurs fournies dans le tableau correspondent à la plage 1990-2021.*

**Tableau 138 : Facteurs d'émission de N-NH<sub>3</sub> au bâtiment**

	FE N-NH <sub>3</sub> Liquide (kg N-NH <sub>3</sub> /TAN <sub>ex</sub> )	FE N-NH <sub>3</sub> Solide (kg N-NH <sub>3</sub> /TAN <sub>ex</sub> )
Vaches laitières	0,24	0,08
Autres bovins	0,24	0,08
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,27
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,27
	Verrats de 50 kg et plus	0,35
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,27
Truies de 50 kg et plus	0,35	0,24
Caprins	0,22	0,22
Ovins	0,22	0,22
Chevaux	-	0,22
Mules et ânes	-	0,22
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couvrir	0,20 - 0,16
	Poules pondeuses d'œufs de consommation	0,20 - 0,16
	Poulettes	0,20 - 0,16
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	0,14 - 0,16
	Canards à gaver	0,24
	Canards à rôtir	0,24
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	-
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,57
	Pintades	-
	Cailles d'élevage	-
Autres	Lapines reproductrices	0,27
	Cervidés d'élevage*	-

\* gestion uniquement à la pâture

Les émissions de NH<sub>3</sub> au bâtiment sont obtenues de la façon suivante :

$$\text{NH}_3 \text{ Bâtiment} = \text{N-NH}_3 \text{ Bâtiment} \times 17/14$$

#### Poste Stockage - pour les effluents hors méthanisation

Les facteurs d'émission fournis dans EMEP sont toujours basés sur l'azote ammoniacal et par conséquent, il est important de suivre les transferts entre azote ammoniacal et azote organique.

Le suivi de l'azote total et de l'azote ammoniacal entrant au stockage est calculé de la manière suivante :

$$\text{TAN}_{\text{entrant\_stock}_i} = \text{TAN}_{\text{ex}_i} - \text{N-NH}_3 \text{ Bâtiment}_i$$

$$\text{N}_{\text{entrant\_stock}_i} = \text{N}_{\text{ex}_i} - \text{N-NH}_3 \text{ Bâtiment}_i$$

L'indice i distingue la gestion solide de la gestion liquide.

Pendant le stockage des effluents liquides, une partie de l'azote organique est minéralisée et rejoint le réservoir d'azote ammoniacal. Ce transfert est traduit par l'équation suivante :

$$\text{Liquide : } \text{TAN}_{\text{stock}_i} = \text{TAN}_{\text{entrant\_stock}_i} + (\text{N}_{\text{entrant\_stock}_i} - \text{TAN}_{\text{entrant\_stock}_i}) \times F_{\text{min}} \text{ (équation a)}$$

Avec :  $F_{\text{min}}$  = Facteur de minéralisation par défaut proposé par EMEP 2019 (=0,1).

On considère que le phénomène de minéralisation a lieu pour l'ensemble des effluents liquides. En particulier, pour les lisiers porcins, ce phénomène est pris en compte avant le départ d'une partie des lisiers vers les **stations de nitrification dénitrification**. Le calcul de l'azote résorbé dans ces stations est présenté dans la section « *Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction* ». Cet azote est estimé au niveau national, pour l'ensemble des catégories porcines. On fait l'hypothèse que tout l'azote résorbé est de l'azote ammoniacal.

La prise en compte de ce traitement implique de faire **sortir l'azote résorbé du suivi de l'azote** à partir duquel sont estimées les émissions. Pour cela, l'azote résorbé au niveau national toutes catégories porcines confondues est réparti au prorata de la contribution en TAN<sub>stock</sub> de chaque catégorie porcine, pour chaque région, aux quantités nationales de TAN<sub>stock</sub> pour l'ensemble de la catégorie porcine. Cette estimation est une **première approximation** qui pourra être améliorée par la suite.

$$\text{Frac}_{\text{reg,animal}} = \text{TAN}_{\text{stock\_reg\_animal}} / \text{TAN}_{\text{stock\_national\_porcs}}$$

*Avec :* TAN<sub>stock\\_reg\\_animal</sub> : quantité d'azote ammoniacal au stockage pour l'animal concerné, pour la région concernée ; TAN<sub>stock\\_national\\_porcs</sub> : quantité d'azote ammoniacal au stockage toutes catégories porcines confondues, au niveau national.

L'équation (a) présentée ci-dessus s'applique à l'ensemble des catégories animales, à l'exception donc des porcins qui se voient appliquer l'équation (b) ci-dessous :

$$\text{Liquide : TAN}_{\text{stock}_i} = [ \text{TAN}_{\text{entrant\_stock}_i} + (N_{\text{entrant\_stock}_i} - \text{TAN}_{\text{entrant\_stock}_i}) \times F_{\text{min}} ] - N_{\text{resorb}} \times \text{Frac}_{\text{reg,animal}}$$

(équation b)

*Avec :* N<sub>resorb</sub> = Quantité d'azote résorbée au niveau national, toutes catégories porcines confondues (kgTAN/an) ; Frac<sub>reg,animal</sub> : part de l'azote ammoniacal de l'animal concerné, pour la région concernée, par rapport à l'azote ammoniacal national total toutes catégories porcines confondues.

Pour les systèmes solides, la présence de paille favorise l'assimilation de l'azote par les micro-organismes de la litière. Ce transfert est traduit par l'équation suivante :

$$\text{Solide : TAN}_{\text{stock}_i} = \text{TAN}_{\text{entrant\_stock}_i} - \text{Paille} \times F_{\text{imm}}$$

$$N_{\text{stock}_i} = N_{\text{entrant\_stock}_i} + \text{Paille} \times T_{\text{MS}} \times T_{\text{N}}$$

*Avec :* Paille = quantité de paille apportée (tonnes de matière fraîche) ; F<sub>imm</sub> = Facteur d'immobilisation par défaut proposé par EMEP 2019 (= 0,0067 kg/ kg de matière fraîche) ; T<sub>MS</sub> = taux de matière sèche contenue dans la paille (kg matière sèche/kg matière fraîche) ; T<sub>N</sub> = taux d'azote contenu dans la paille (kg N/kg de matière sèche).

Les quantités de paille apportées par catégorie animale sont présentées en section « 3\_Agriculture », au niveau de la définition des systèmes de gestion des déjections animales. Le taux d'azote contenu dans la paille ainsi que le taux de matière sèche proviennent des données de l'INRAE [658].

*Il faut noter que pour les volailles, l'immobilisation de l'azote ammoniacal par la litière n'a pas été prise en compte car il a été considéré que les facteurs d'émissions d'EMEP 2019 correspondent déjà à un fumier de volailles pour lequel une partie importante de l'azote ammoniacal a été assimilée par les micro-organismes de la litière.*

Une fois les transferts liés à la minéralisation et à l'immobilisation effectués, l'azote volatilisé en NH<sub>3</sub> au stockage est calculé selon l'équation suivante :

$$N-NH_3 \text{ Stockage} = \sum_i [ \text{Frac}_{\text{Couv}_i} \times \text{TAN}_{\text{stock}_i} \times \text{FE}_{i \text{ Stock}} \times \text{FA}_{\text{Couv}} + (1 - \text{Frac}_{\text{Couv}_i}) \times \text{TAN}_{\text{stock}_i} \times \text{FE}_{i \text{ Stock}} ]$$

Avec :  $\text{Frac}_{\text{Couv}_i}$  : part des liquides stockés dans des fosses couvertes (ratio) ;  $\text{FE}_{\text{Stock}}$  : Facteur d'émission de  $\text{NH}_3$  au stockage (kg  $\text{N-NH}_3$ /kg TAN),  $\text{FA}_{\text{Couv}}$  : facteur d'ajustement associé à la couverture de fosse (ratio).

L'estimation du paramètre  $\text{Frac}_{\text{Couv}}$ , représentant la part des liquides stockés en fosse couverte est présentée dans la section « Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction ». Pour rappel, la couverture de fosse est renseignée **uniquement pour les bovins, les porcins, les ovins et les caprins**.

La valeur du paramètre  $\text{FA}_{\text{Couv}}$ , représentant le facteur d'ajustement associé à la couverture de fosse, est tirée du document d'orientation de l'UNECE [809]. La valeur retenue est celle associée à la modalité couverture flottante (en anglais « Plastic sheeting (floating cover) »). La réduction d'émission de  $\text{NH}_3$  associée à cette modalité est estimée à 60%, ce qui signifie un **facteur d'ajustement du facteur d'émission égal à 40%**. (NB : facteur d'ajustement = 1 - facteur de réduction).

Les facteurs d'émission de  $\text{NH}_3$  au stockage prennent les valeurs proposées par EMEP 2019.

**Tableau 139 : Facteurs d'émission de  $\text{N-NH}_3$  au stockage**

	FE $\text{N-NH}_3$ Liquide (kg $\text{N-NH}_3$ /TAN <sub>stock</sub> )	FE $\text{N-NH}_3$ Solide (kg $\text{N-NH}_3$ /TAN <sub>stock</sub> )
Vaches laitières	0,25	0,32
Autres bovins	0,25	0,32
Porcins et truies	0,11	0,29
Caprins	0,28	0,28
Ovins	0,32	0,32
Chevaux	-	0,35
Mules et ânes	-	0,35
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couvrir	0,08
	Poules pondeuses d'œufs de consommation	0,08
	Poulettes	0,08
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	0,30
	Canards à gaver	0,24
	Canards à rôtir	0,24
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	0,24
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,16
	Pintades	0,24
	Cailles d'élevage	0,24
	Autres	0,09
	Cervidés d'élevage*	-

\* gestion uniquement à la pâture

Les émissions de  $\text{NH}_3$  au stockage sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_3 \text{ Stockage} = N-NH_3 \text{ Stockage} \times 17/14$$

D'autres émissions de composés azotés ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) ont lieu durant le stockage, émissions qu'il est important de comptabiliser ici pour le suivi de l'azote.

Les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  directes sont estimées conformément au Giec 2019. La méthodologie est détaillée plus haut, dans la section « Emissions de  $\text{N}_2\text{O}$  ».

Les émissions de  $\text{N}_2$  sont estimées conformément à la méthodologie EMEP 2019, à partir de l'équation suivante :

$$N-N_2 = \text{TAN}_{\text{stock}_i} \times \text{FE}_{N_2}$$

Avec :  $\text{FE}_{N_2}$  : Facteur d'émission de  $\text{N}_2$  au stockage (kg  $\text{N-N}_2$ /kg TAN).

Les facteurs d'émission utilisés correspondent aux valeurs par défaut tirées d'EMEP 2019 (Tableau 3-10) et varient selon les modes de gestion des déjections animales (liquide et solide) :

- $FE_{stockage\_N2_{liquide}} = 0,003 \text{ kg N-N}_2/\text{kg TAN}_{stock}$  ;
- $FE_{stockage\_N2_{solide}} = 0,3 \text{ kg N-N}_2/\text{kg TAN}_{stock}$ .

Les émissions de  $NO_x$  sont estimées conformément à la méthodologie EMEP 2019, à partir de l'équation suivante. Le calcul détaillé est situé à la section « Emissions de  $NO_x$  ».

$$N-NO_x = TAN_{stock\_i} \times FE_{NO}$$

Enfin, il faut également estimer les quantités d'azote lixivié et écoulé au cours du stockage. Pour rappel, c'est à partir de ces quantités d'azote lessivé et écoulé que sont calculées les émissions indirectes de  $N_2O$  liées à la lixiviation. D'après la méthodologie EMEP 2019, le lessivage de l'azote n'a lieu que pour les systèmes de gestion des déjections solide, à hauteur de 12% du TAN stocké. Le calcul est effectué selon l'équation suivante :

$$N_{lessivé} = TAN_{stock\_i} \times Part\_N\_lixiv$$

*Avec* :  $Part\_N\_lixiv = Part \text{ du TAN stocké partant dans les eaux.}$

### Poste Méthanisation

Pour les effluents partant en méthanisation, la méthodologie à suivre diffère légèrement. Les facteurs d'émission sont issus du chapitre 5B2 d'EMEP 2019 [1145], Tables 3.2 et 3.3. Contrairement aux facteurs d'émission classiquement utilisés, ces facteurs d'émission sont basés sur l'azote total. Il est cependant important de continuer à suivre l'azote total et l'azote ammoniacal :

$$\begin{aligned} \text{Liquide : } TAN_{stock\_liquide} &= TAN_{ex\_liquide} - N-NH_3 \text{ Bâtiment\_liquide} \\ N_{stock\_liquide} &= N_{ex\_liquide} - N-NH_3 \text{ Bâtiment\_liquide} \\ \text{Solide : } TAN_{stock\_solide} &= TAN_{ex\_solide} - N-NH_3 \text{ Bâtiment\_solide} - Paille \times F_{imm} \\ N_{stock\_solide} &= N_{ex\_solide} - N-NH_3 \text{ Bâtiment\_solide} + Paille \times T_{MS} \times T_N \end{aligned}$$

*Avec* :  $Paille =$  quantité de paille apportée (tonnes de matière fraîche) ;  $F_{imm} =$  Facteur d'immobilisation par défaut proposé par EMEP 2019 (= 0,0067 kg/ kg de matière fraîche) ;  $T_{MS} =$  taux de matière sèche contenue dans la paille (kg matière sèche/kg matière fraîche) ;  $T_N =$  taux d'azote contenu dans la paille (kg N/kg de matière sèche).

Les émissions du pré-stockage et du stockage sont estimées sur la base du  $N_{stock\_solide}$  et du  $N_{stock\_liquide}$  :

$$N-NH_3 \text{ Pré-stockage} = \sum_i N_{stock\_i} \times FE_{Pré-stockage}$$

L'indice i distingue la gestion solide de la gestion liquide.

*Avec* :  $FE_{Pré-stockage} : \text{Facteur d'émission de } N-NH_3 \text{ au pré-stockage} = 0,0009 \text{ kg } N-NH_3/\text{kg N (EMEP 2019).}$

$$N-NH_3 \text{ Stockage} = \sum_i N_{stock\_i} \times FE_{Stockage}$$

L'indice i distingue la gestion solide de la gestion liquide.

*Avec* :  $FE_{Stockage} : \text{Facteur d'émission de } N-NH_3 \text{ au pré-stockage} = 0,0266 \text{ kg } N-NH_3/\text{kg N (EMEP 2019).}$

**Important** : ces émissions sont converties en  $NH_3$  et rapportées en « 5B2 - Biological treatment of waste - Anaerobic digestion at biogas facilities ».

$$NH_3 \text{ Total méthanisation} = ( N-NH_3 \text{ Pré-stockage} + N-NH_3 \text{ Stockage} ) \times 17/14$$

Ces effluents, après méthanisation et stockage, ont vocation à être épandus. D'après la méthodologie EMEP 2019, tous les effluents sortant de méthanisation sont à considérer comme des effluents liquides. A ce titre, une partie de l'azote organique est minéralisée et rejoint le réservoir d'azote ammoniacal. Ce transfert est traduit par l'équation suivante, permettant d'estimer l'azote ammoniacal total (sous forme liquide) disponible pour l'épandage :

$$TAN_{\text{épan\_liquide\_métha}} = \sum_i [ TAN_{\text{stock\_i}} - ( N-NH_3 \text{ Pré-stockage\_i} + N-NH_3 \text{ Stockage\_i} ) + ( N_{\text{stock\_i}} - TAN_{\text{stock\_i}} ) \times F_{\text{min}} ]$$

*Avec* :  $F_{\text{min}} = \text{Facteur de minéralisation par défaut proposé par EMEP 2019 (=0,32)}$ .

Il est également nécessaire d'estimer l'azote total disponible pour l'épandage :

$$N_{\text{épan\_liquide\_métha}} = \sum_i [ N_{\text{stock\_i}} - ( N-NH_3 \text{ Pré-stockage\_i} + N-NH_3 \text{ Stockage\_i} ) ]$$

**Poste Epandage**

En plus du «  $TAN_{\text{épan\_liquide\_métha}}$  » présenté ci-dessus, issu des effluents méthanisés, on estime le TAN disponible des effluents issus du stockage. Pour cela, il est nécessaire de répertorier les différentes pertes d'azote ayant eu lieu au stockage, en effectuant le bilan suivant :

**Liquide :**

$$TAN_{\text{épan\_liquide}} = TAN_{\text{stock\_liquide}} - [ N-NH_3 \text{ Stock\_liquide} + N-N_2 \text{ Stock\_liquide} + N-NO \text{ Stock\_liquide} + N-N_2O \text{ Stock\_liquide} ]$$

$$N_{\text{épan\_liquide}} = N_{\text{stock\_liquide}} - [ N-NH_3 \text{ Stock\_liquide} + N-N_2 \text{ Stock\_liquide} + N-NO \text{ Stock\_liquide} + N-N_2O \text{ Stock\_liquide} ]$$

**Solide :**

$$TAN_{\text{épan\_solide}} = TAN_{\text{stock\_solide}} - [ N-NH_3 \text{ Stock\_solide} + N-N_2 \text{ Stock\_solide} + N-NO \text{ Stock\_solide} + N-N_2O \text{ Stock\_solide} + N_{\text{lessivé}} ]$$

$$N_{\text{épan\_solide}} = N_{\text{stock\_solide}} - [ N-NH_3 \text{ Stock\_solide} + N-N_2 \text{ Stock\_solide} + N-NO \text{ Stock\_solide} + N-N_2O \text{ Stock\_solide} + N_{\text{lessivé}} ]$$

**Important pour la section 3D Agricultural soils :** la somme de  $N_{\text{épan\_liquide\_métha}}$ ,  $N_{\text{épan\_liquide}}$  et  $N_{\text{épan\_solide}}$  est utilisée pour le calcul des émissions de  $N_2O$  liées à l'épandage des déjections, émissions prises en compte dans la section « 3D\_Agricultural soils ».

A l'épandage, les émissions d'ammoniac dépendent à la fois du type de matériel utilisé et des délais d'incorporation post-épandage. Selon les techniques en place, des abattements plus ou moins importants peuvent être appliqués. Les calculs des émissions est alors effectué selon l'équation suivante :

$$N-NH_3 \text{ Epandage} = \sum_i \text{Frac}_{\text{Epa\_i,k}} \times TAN_{\text{épan\_i,k}} \times FE_{\text{Epan,i}} \times FA_{i,k}$$

*Avec* :  $\text{Frac}_{\text{Epa\_i,k}}$  : part des déjections épandue selon l'association (matériel + délais) concernée ;  $FE_{\text{Epan,i}}$  : Facteur d'émission de  $NH_3$  à l'épandage (kg  $N-NH_3$ /kg  $TAN_{\text{épan}}$ ) ;  $FA_{i,k}$  : Facteur d'ajustement de l'association (matériel + délais).

**Attention :** les effluents sortant de méthanisation sont assimilés à l'épandage à des effluents liquides. L'estimation du paramètre  $\text{Frac}_{\text{Epa\_i,k}}$ , représentant la part des déjections épandue par association (matériel + délais) est présentée dans la section « Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction ». Pour rappel, toutes les catégories animales sont concernées.

Les facteurs d'abattement liés aux matériels utilisés proviennent de la guidance UNECE [809]. Ceux liés aux délais d'incorporation après épandage sont tirés d'une étude menée en France par l'ADEME [803].

Ces facteurs d'abattement sont exprimés dans nos équations en facteur d'ajustement du facteur d'émission : plus le facteur d'ajustement est faible, plus la réduction est forte. Dans le cas des pendillards, pour une combinaison (matériel + délais d'incorporation après épandage), le choix a été fait de multiplier les deux facteurs d'ajustement : le matériel est considéré comme technique de réduction du fait de la réduction de **surface de contact** effluent/air, le raccourcissement du délai d'enfouissement est lui considéré comme technique de réduction du fait de la réduction du **temps de contact** effluent/air. Pour les autres combinaisons (hors pendillard), la question de la combinaison des facteurs ne se pose pas car soit les facteurs d'ajustement des matériels sont égaux à 1 (buse et rampe, épandeurs fumier, indifférencié), soit il n'y a pas de délai distingué (enfouisseur : délai forcément <4h).

*Exemple* : si un effluent liquide est épandu avec un pendillard mais incorporé dans les 4 heures après épandage, on multiplie le facteur d'ajustement du pendillard par celui du délai.

Le tableau ci-dessous récapitule les différents facteurs d'ajustement par matériel, délais et combinaisons :

**Tableau 140 : Facteurs d'ajustement liés aux pratiques d'épandage**

Matériel	Facteur d'ajustement matériel	Délais	Facteur d'ajustement délais	Facteur d'ajustement combinaison
Buse et rampe	1	Délai 1 : < 4h	0,3	0,3
		Délai 2 : 4 < h < 12	0,5	0,5
		Délai 3 : 12 < h < 24	0,75	0,75
		Délai 4 : > 24h	0,95	0,95
		Délai 5 : sans objet	1	1
Pendillard	0,7	Délai 1 : < 4h	0,3	0,21
		Délai 2 : 4 < h < 12	0,5	0,35
		Délai 3 : 12 < h < 24	0,75	0,525
		Délai 4 : > 24h	0,95	0,665
		Délai 5 : sans objet	1	0,7
Enfouisseur	0,3			0,3
Epandeur fumier	1	Délai 1 : < 4h	0,3	0,3
		Délai 2 : 4 < h < 12	0,5	0,5
		Délai 3 : 12 < h < 24	0,75	0,75
		Délai 4 : > 24h	0,95	0,95
		Délai 5 : sans objet	1	1
Indifférencié	1	Délai 1 : < 4h	0,3	0,3
		Délai 2 : 4 < h < 12	0,5	0,5
		Délai 3 : 12 < h < 24	0,75	0,75
		Délai 4 : > 24h	0,95	0,95
		Délai 5 : sans objet	1	1

Les facteurs d'émission de NH<sub>3</sub> à l'épandage prennent les valeurs proposées par EMEP 2019.

Tableau 141 : Facteurs d'émission de N-NH<sub>3</sub> à l'épandage

		FE N-NH <sub>3</sub> Liquide (kg N-NH <sub>3</sub> /TAN <sub>épan</sub> )	FE N-NH <sub>3</sub> Solide (kg N-NH <sub>3</sub> /TAN <sub>épan</sub> )
Vaches laitières		0,55	0,68
Autres bovins		0,55	0,68
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,40	0,45
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,40	0,45
	Verrats de 50 kg et plus	0,29	0,45
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,40	0,45
Truies de 50 kg et plus		0,29	0,45
Caprins		0,90	0,90
Ovins		0,90	0,90
Chevaux		-	0,90
Mules et ânes		-	0,90
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver	-	0,45
	Poules pondeuses d'œufs de consommation	-	0,45
	Poulettes	-	0,45
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	-	0,38
	Canards à gaver	0,54	0,54
	Canards à rôtir	0,54	0,54
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	-	0,54
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,45	0,45
	Pintades	-	0,54
	Cailles d'élevage	-	0,54
Autres		0,69	0,69
Lapines reproductrices		-	-
Cervidés d'élevage*		-	-

\* gestion uniquement à la pâture

Les émissions de NH<sub>3</sub> à l'épandage sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_3 \text{ Epandage} = N-NH_3 \text{ Epandage} \times 17/14$$

**Important** : ces émissions de NH<sub>3</sub> à l'épandage ne sont pas comptabilisées en « 3B\_Manure management » mais en « 3D\_Agricultural soils ».

#### Poste Pâture

Tout comme ce qui a été fait pour le bâtiment, la première étape consiste à évaluer l'azote excrété, par catégorie animale, à la pâture, à partir de l'équation suivante :

$$N_{\text{ex\_p\^ature}} = \text{Population}_{\text{totale}} \times SG_{\text{p\^ature}} \times F_{\text{ex}}$$

*Avec* :  $N_{\text{ex\_p\^ature}}$  = Quantité d'azote totale excrétée par une catégorie à la pâture (kgN) ;  $\text{Population}_{\text{totale}}$  = Cheptel de la catégorie concernée (tête) ;  $SG_{\text{p\^ature}}$  = part de la population gérée à la pâture ;  $F_{\text{ex}}$  = facteur d'excrétion azotée pour la catégorie concernée (kgN/tête).

Les  $F_{\text{ex}}$  sont nationaux et sont présentés en section 3\_Agriculture.

**Important pour la section 3D\_Agricultural soils** : les quantités d'azote totales excrétées à la pâture ( $N_{\text{ex\_p\^ature}}$ ) sont utilisées pour le calcul des émissions de N<sub>2</sub>O prises en compte dans la section « 3D\_Agricultural soils ».

L'azote excrété est ensuite converti en azote ammoniacal (TAN) :

$$TAN_{\text{ex\_i}} = N_{\text{ex\_i}} \times TAN$$

*Avec* : TAN : Proportion d'azote ammoniacal

Les émissions de NH<sub>3</sub> des animaux à la pâture sont estimées de la façon suivante

$$N-NH_3 \text{ P\^ature} = TAN_{\text{ex\_p\^ature}} \times FE_{\text{P\^ature}}$$

*Avec* :  $TAN_{\text{ex\_p\^ature}}$  = quantités d'azote ammoniacal excrété à la pâture ;  $FE_{\text{P\^ature}}$  = Facteur d'émission de NH<sub>3</sub> à la pâture/parcours (kg N-NH<sub>3</sub>/kg TAN).

Les facteurs d'émissions utilisés prennent les valeurs par défaut proposées par EMEP 2019, à l'exception des volailles pour lesquelles il n'y a pas de valeur par défaut au parcours. Le FE



« parcours » est donc tiré de MEDA B. et al. [482]. Faute de données concernant les lapines reproductrices, le FE des volailles leur est attribué. La catégorie « cervidés d'élevage » se voit attribuer la même valeur que celle de la catégorie « ovins » faute de données disponibles.

Tableau 142 : Facteurs d'émission de N-NH<sub>3</sub> à la pâture

	FE N-NH <sub>3</sub> Pâture (kg N-NH <sub>3</sub> /TAN <sub>ex_pâture</sub> )
Vaches laitières	0,14
Autres bovins	0,14
Porcins et truies	0,31
Caprins	0,09
Ovins	0,09
Chevaux	0,35
Mules et ânes	0,35
Volailles	0,018
Lapines reproductrices	0,018
Cervidés d'élevage	0,09

Les émissions de NH<sub>3</sub> à la pâture sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3\text{ P\^a}t\text{u}r\text{e}} = N\text{-}NH_{3\text{ P\^a}t\text{u}r\text{e}} \times 17/14$$

**Important** : ces émissions de NH<sub>3</sub> à la pâture ne sont pas comptabilisées en « 3B\_Manure management » mais en « 3D\_Agricultural soils ».

### Emissions de particules (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)

Le calcul des émissions de particules est fondé sur la méthodologie EMEP, qui distingue deux types d'effluents : liquide et solide. Ci-dessous pour rappel la correspondance avec les systèmes de gestion décrits en section « 3\_Agriculture » :

Tableau 143 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion

	Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier	Litière accumulée
Correspondance EMEP	Liquide	Liquide	Solide	Solide

Les calculs pour les émissions de PM<sub>10</sub> et de PM<sub>2,5</sub> primaires sont basés sur l'équation d'EMEP/EEA 2019 [1138] suivante, adaptée pour prendre en compte le traitement de l'air (pour plus de détails, se référer à la section « Emissions de NH<sub>3</sub> ») :

$$E_{PM} = PMA_{\text{animal}} \times \%_{\text{b\^a}t\text{im}e\text{n}t} \times [ \text{Frac}_{\text{Air}} \times (\%_{\text{liquide}} \times EF_{\text{liquide}} + \%_{\text{solide}} \times EF_{\text{solide}}) \times FA_{\text{Air}} + (1 - \text{Frac}_{\text{Air}}) \times (\%_{\text{liquide}} \times EF_{\text{liquide}} + \%_{\text{solide}} \times EF_{\text{solide}}) ]$$

*Avec* :  $E_{PM}$  = Emissions de PM<sub>10</sub> ou PM<sub>2,5</sub> pour une catégorie animale donnée ;  $PMA_{\text{animal}}$  = Population Moyenne Annuelle pour une catégorie animale donnée ;  $\%_{\text{b\^a}t\text{im}e\text{n}t}$  = Pourcentage du temps annuel en bâtiment ;  $\text{Frac}_{\text{Air}}$  : part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air (ratio) ;  $\%_{\text{liquide}}$  = Pourcentage des effluents gérés dans des systèmes liquide ;  $\%_{\text{solide}}$  = Pourcentage des effluents gérés dans des systèmes solide ;  $EF_{\text{liquide}}$  = Facteur d'émission pour les systèmes liquide ;  $EF_{\text{solide}}$  = Facteur d'émission pour les systèmes solide ;  $FA_{\text{Air}}$  : facteur d'ajustement associé au lavage d'air (ratio).

L'estimation du paramètre  $\text{Frac}_{\text{Air}}$ , représentant la part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air, est présentée dans la section « Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction ». Pour rappel, le traitement de l'air est renseigné uniquement pour les porcins.

La valeur du paramètre  $FA_{\text{Air}}$ , représentant le facteur d'ajustement du facteur d'émission particules associé au lavage d'air, est tirée du document d'orientation de l'UNECE [809]. La réduction d'émission

de particules associée au lavage d'air est estimée à 70%, ce qui signifie un **facteur d'ajustement du facteur d'émission égal à 30%**. (NB : *facteur d'ajustement = 1 - facteur de réduction*)

D'après le guide EMEP/EEA 2019 [1138], il n'existe que peu de données d'émission de particules pour les animaux au pâturage/parcours, voilà pourquoi seuls des facteurs d'émission au bâtiment sont proposés. Depuis la version EMEP 2016, le tableau des facteurs d'émission Tier 2 a disparu car les FE proposés paraissaient élevés comparés à d'autres résultats, donc jugés non représentatifs. Le choix a été fait de conserver pour l'instant la méthode EMEP 2013 pour les catégories auxquelles on appliquait le Tier 2 (bovins et porcins), en attendant d'obtenir de nouvelles données. En revanche, les facteurs d'émission d'EMEP 2019 Tier 1 (tableau 3.5) [1138] sont appliqués pour les caprins, ovins, chevaux, mules et ânes, lapines reproductrices et pour la majorité des volailles, à l'exception :

- Des poules pondeuses : un facteur d'émission moyen est recalculé à partir des valeurs proposées par EMEP 2013 Tier 2 pour les cages et les perchoirs, EMEP 2019 ne proposant pas cette distinction. La pondération entre ces FE est faite à partir des effectifs en cage qui sont connus et fournis par l'Itavi, le reste étant assimilé à du perchoir. Le facteur moyen recalculé varie annuellement selon l'évolution des modes de gestion.
- Des cailles : les modes d'élevage de ces animaux sont similaires à ceux des poulets de chair, mais une correction est apportée pour tenir compte des différences de densité rencontrées entre les bâtiments de ces deux espèces.
- Des pintades : les modes d'élevage sont similaires à ceux des dindes mais une correction est apportée pour tenir compte des différences de densité rencontrées entre les bâtiments de ces deux espèces.

**Tableau 144 : Facteurs d'émission PM utilisés**

	FE TSP		FE PM <sub>10</sub>		FE PM <sub>2,5</sub>		
	Liquide	Solide	Liquide	Solide	Liquide	Solide	
Vaches laitières	1,81	0,94	0,83	0,43	0,54	0,28	
Autres bovins	0,69	0,52	0,32	0,24	0,21	0,16	
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,36	0,00	0,16	0,00	0,03	
	Verrats de 50 kg et plus	1,36	1,77	0,61	0,80	0,11	
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,70	0,83	0,31	0,37	0,06	
	Truies de 50 kg et plus	1,36	1,77	0,61	0,80	0,11	
Caprins	0,14	0,14	0,06	0,06	0,02	0,02	
Ovins	0,14	0,14	0,06	0,06	0,02	0,02	
Chevaux	-	0,48	-	0,22	-	0,14	
Mules et ânes	-	0,34	-	0,16	-	0,10	
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver	-	-	-	-	-	
	Poules pondeuses d'œufs de consommation	-	0,029-0,093	-	0,029-0,093	-	0,004-0,018
	Poulettes	-	-	-	-	-	-
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	-	0,040	-	0,020	-	0,002
	Canards à gaver	0,14	0,14	0,14	0,14	0,02	0,02
	Canards à rôtir	0,14	0,14	0,14	0,14	0,02	0,02
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	-	0,11	-	0,11	-	0,02
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,24	0,24	0,24	0,24	0,03	0,03
	Pintades	-	0,06	-	0,06	-	0,01
	Cailles d'élevage	-	0,009	-	0,005	-	0,0005
Autres	Lapines reproductrices	0,018	0,018	0,008	0,008	0,004	0,004
	Cervidés d'élevage	-	-	-	-	-	-

\* *gestion uniquement à la pâture*

### **Métaux lourds (ML)**

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

### **Polluants organiques persistants POP)**

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

### 5.2.3 Incertitudes

#### 5.2.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

Sur l'activité, l'**incertitude retenue est de 5%** car les cheptels français sont issus de la Statistique Agricole Annuelle (SAA) publiée chaque année par le Ministère en charge de l'agriculture. Ces données officielles nationales font l'objet de nombreux contrôles, et sont bien documentées.

L'incertitude associée au **facteur d'excrétion azotée** est estimée, à dire d'expert, à **20%**.

L'incertitude associée à la **répartition des animaux par système de gestion des déjections** est estimée à **25%**. Cette estimation est basée sur les fourchettes fournies dans le Giec 2006 (*"for countries where there is a wide variety of management systems used with locally different operating practices, the uncertainty range in management system usage data can be much higher, in the range of 25% to 50%, depending on the availability of reliable and representative survey data that differentiates animal populations by system usage"*), en considérant que les systèmes en France sont bien connus. L'incertitude basse de la fourchette a donc été retenue.

Le guide EMEP ne fournit pas d'incertitude associée aux facteurs d'émission de NH<sub>3</sub> par défaut. Cependant, dans le Giec 2006, des incertitudes sont fournies pour le paramètre « Frac\_Gas » combinant les émissions de NH<sub>3</sub> et de NOx. Les émissions de NH<sub>3</sub> étant majoritaires, le choix a été fait d'utiliser ces incertitudes pour approcher l'incertitude des facteurs d'émission de NH<sub>3</sub>.

L'ensemble de ces données combinées nous mène aux incertitudes suivantes pour les facteurs recalculés (NH<sub>3</sub>/tête), qui sont ensuite combinées à l'incertitude de la donnée d'activité.

**Tableau 145 : Incertitude retenue pour l'émission de NH<sub>3</sub> (bâtiment + stockage) ramenée à l'animal**

	Incertitude retenue
Vaches laitières	60%
Autres bovins	80%
Ovins	75%
Porcins	70%
Caprins	75%
Chevaux	75%
Mules et ânes	75%
Poules pondeuses	80%
Poulets de chair	80%
Dindes	80%
Autres volailles	80%
Lapines reproductrices	80%

Pour les émissions de NOx, le guide EMEP 2019 indique de fortes incertitudes, allant de -50% à +100%. On retient pour les facteurs recalculés (NOx/tête) une **incertitude de 100%**.

Pour les émissions de COVNM, le guide EMEP 2019 indique des incertitudes encore plus élevées (*only broad indications of the likely range*). On retient pour les facteurs recalculés (COVNM/tête) une **incertitude de 200%**. Ces incertitudes sont du même ordre pour l'ensemble des émissions de particules également.

## 5.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

### 5.2.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le Citepa effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries.

Au niveau national, depuis l'année 2010, un groupe de travail sur les inventaires de l'agriculture se réunit, en moyenne une fois par an pour discuter des méthodologies d'inventaire et de leurs évolutions. Ce groupe inclut un panel important d'experts français (INRAE, Instituts techniques, etc.) sur toutes les questions relatives aux émissions dans l'atmosphère de l'agriculture.

## 5.2.5 Recalculs

### 5.2.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Les recalculs par sous-secteurs (3B1a ; 3B1b ; 3B2 ; 3B3 ; 3B4d ; 3B4e ; 3B4f ; 3B4gi ; 3B4gii ; 3B4giii ; 3B4giv ; 3B4h) sont présentés ci-dessous :

<b>3B1a - Manure management - Dairy cattle</b>	
Données d'activité	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Cela n'affecte pas la série 1990-2009 (absence de rupture de série).
NH <sub>3</sub>	Mise à jour mineure des données de méthanisation sur l'ensemble de la série 1990-2022 ce qui a un effet sur le facteur d'émission moyen de NH <sub>3</sub> .
<b>3B1b - Manure management - Non-dairy cattle</b>	
Données d'activité	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.
NH <sub>3</sub>	Mise à jour mineure des données de méthanisation sur l'ensemble de la série 1990-2022 ce qui a un effet sur le facteur d'émission moyen de NH <sub>3</sub> .
<b>3B2 - Manure management - Sheep</b>	
Données d'activité	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.
<b>3B2 - Manure management - Swine</b>	
Données d'activité	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.
NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>	Légère modification du Fex sur l'ensemble de la série. Les données de production (en tête) sont utilisées à la place des abattages afin d'éviter d'inclure les importations de porcs vivants dans la pondération. Mise à jour mineure des données de méthanisation sur l'ensemble de la série 1990-2022 ce qui a un effet sur le facteur d'émission moyen de NH <sub>3</sub> .

<b>3B4d - Manure management - Goats</b>	
Données d'activités	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.
<b>3B4e - Manure management - Horses</b>	
Données d'activités	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série. Pour les équins ce retraitement est significatif.
<b>3B4f - Manure management - Mules and asses</b>	
Données d'activités	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série. Pour les équins ce retraitement est significatif
<b>3B4gi - Manure management - Laying hens</b>	
Données d'activités	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.
<b>3B4gii - Manure management - Broilers</b>	
Données d'activités	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.  Légère révision des effectifs de poulets par mode d'élevage sur l'ensemble de la série entraînant des évolutions entre 1990 et 2022.
<b>3B4giii - Manure management - Turkeys</b>	
Données d'activités	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.
<b>3B4giv - Manure management - Other poultry</b>	
Données d'activités	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.
<b>3B4h - Manure management - Other animals</b>	
Données d'activités	Mise à jour des données de cheptel et de production entre 2010 et 2022 afin d'inclure les nouvelles données de la statistique agricole. Retraitement des données d'effectif 1990-2009 pour éviter les ruptures de série.

## 5.2.6 Améliorations envisagées

### 5.2.6 Expected improvement

En 2019, le projet UREA conduit par l'Idel et l'Inra pour le compte de l'Ademe a été finalisé. Ce projet UREA a eu pour objectif de fiabiliser le dosage de l'urée du lait et de construire un modèle de prédiction des rejets azotés de la vache laitière. Le relevé de cet indicateur simple permettrait d'avoir un suivi de l'évolution des pratiques de la filière en termes d'alimentation animale, ce qui aurait un impact direct dans le calcul des émissions de NH<sub>3</sub> et de GES. Le Citepa doit désormais approfondir les résultats obtenus et voir s'il est possible de les intégrer dans les futurs inventaires, mais il est assez peu probable que cette méthode soit appliquée rapidement dans les inventaires les données sur l'urée du lait n'étant pas collectées en routine dans les laiteries. Un groupe de travail dédié à l'excrétion azotée des bovins devait être conduit en 2023 pour avancer sur le sujet mais n'a pas pu être tenu. L'objectif est de lancer ce groupe courant 2024.

Le travail d'amélioration de la prise en compte de la méthanisation va se poursuivre ces prochaines années, tout comme celui de la prise en compte des pratiques existantes pour la réduction des émissions d'ammoniac.

L'estimation des émissions de particules des bovins et porcins devra être améliorée pour les soumissions futures. En effet, les facteurs d'émission actuellement utilisés proviennent du guide EMEP 2013, qui proposait des facteurs Tier 2 distinguant les effluents « lisier » des effluents « solide », distinction qui a disparu dans EMEP 2019.

## 5.3 Sols agricoles (NFR 3D)

### 5.3 Agricultural soils

#### 5.3.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 5.3.1 Main features

Cette section concerne les émissions liées aux sols agricoles (épandage des fertilisants minéraux et organiques, animaux à la pâture, travail du sol, application de pesticides). Cette section n'inclut pas les activités de combustion de l'agriculture (installations fixes et engins spéciaux de l'agriculture) incluses dans la partie énergie.

Les émissions azotées des sols agricoles sont liées aux quantités d'azote apportées au sol. L'azote épandu peut être dispersé suivant différents modes et sous différentes formes. Une partie de l'azote est volatilisée sous des formes réactives ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  principalement) ou non ( $\text{N}_2$ ).

Concernant le  $\text{NH}_3$ , les évolutions sur la période sont présentées au début de la section agriculture. La répartition entre postes au sein de la catégorie 3D est assez stable sur la période et son évolution est présentée dans le graphique ci-dessous (Figure 150). Depuis 2018, on constate un repli plus marqué des épandages azotés avec notamment une tendance récente au repli de la part de la fertilisation minérale (- 19.5 % d'apport d'azote minéral sur 2018-2022). Les émissions de la fertilisation minérale représentaient 44 % des émissions du 3D, et cette contribution se replie graduellement depuis pour atteindre 33 % en 2022. Le repli de la surface agricole utile sur la période n'explique que partiellement cette tendance baissière qui n'est pas compensée par les apports organiques. En conséquence les émissions de  $\text{NH}_3$  des sols agricoles se replient à partir de 2018 après une longue période stationnaire depuis le début des années 2000.

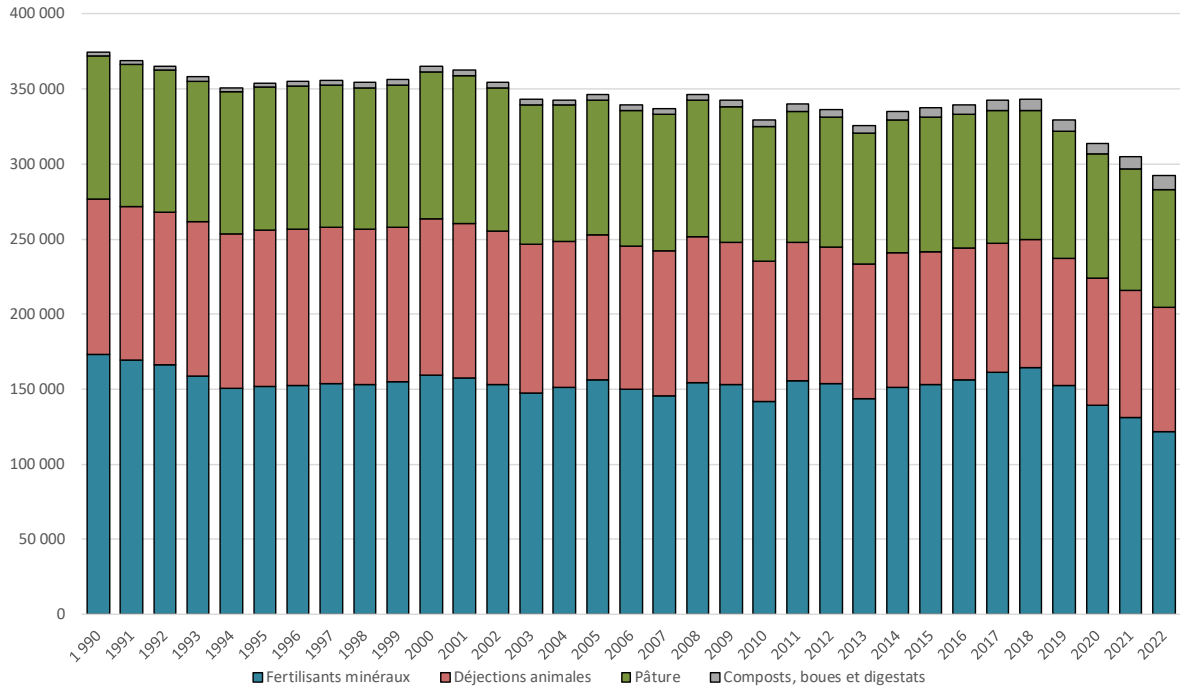


Figure 150 : Répartition des émissions de NH<sub>3</sub> à l'épandage et à la pâture par grands postes

Les émissions de TSP et de PM<sub>10</sub> proviennent principalement du labour, et sont directement en lien avec la surface des terres arables. Les émissions de HCB sont issues de l'application de pesticides.

### 5.3.2 Méthodes d'estimation des émissions

#### 5.3.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/omine/>.

#### 5.3.2.1. Epandage d'engrais minéraux (NFR 3Da1)

##### 5.3.2.1 Inorganic N-fertilizers (includes also urea application)

La méthode correspond à une méthodologie de rang 2 EMEP pour les estimations de NH<sub>3</sub>.

##### Livraisons d'azote minéral

L'azote contenu dans les fertilisants minéraux en Métropole est déterminé à partir des quantités livrées fournies par l'UNIFA [90], union des industries de la fertilisation, chargée officiellement de cette tâche par l'administration française. Afin de limiter les brusques variations liées aux fluctuations interannuelles du prix des denrées agricoles et de l'azote minéral, ces données de livraisons annuelles sont lissées sur 2 campagnes. Ces données lissées sont jugées plus représentatives de la consommation annuelle des agriculteurs car elles permettent de gommer les potentiels effets de stock (livraison ≠ apports) et de recentrer les usages sur l'année civile et non sur la période de campagne (du 1<sup>er</sup> juillet au 30 juin pour les engrais azotés).

$$\text{Apport N minéral 2021} = \frac{\text{livraisons 2019/2020} + \text{livraisons 2020/2021}}{2}$$

Depuis 2014, un nouveau type d'engrais est considéré pour le calcul des émissions de NH<sub>3</sub> : l'urée avec inhibiteur d'uréase. Les quantités étant, à l'heure actuelle, faibles en comparaison de l'azote total livré, elles sont comptabilisées avec l'urée classique dans le graphique ci-dessous, mais la distinction est bien mise en œuvre dans les calculs. La quantité d'urée avec inhibiteurs d'uréase est reconduite à l'identique depuis 2018 faute de données disponibles (secret statistique).

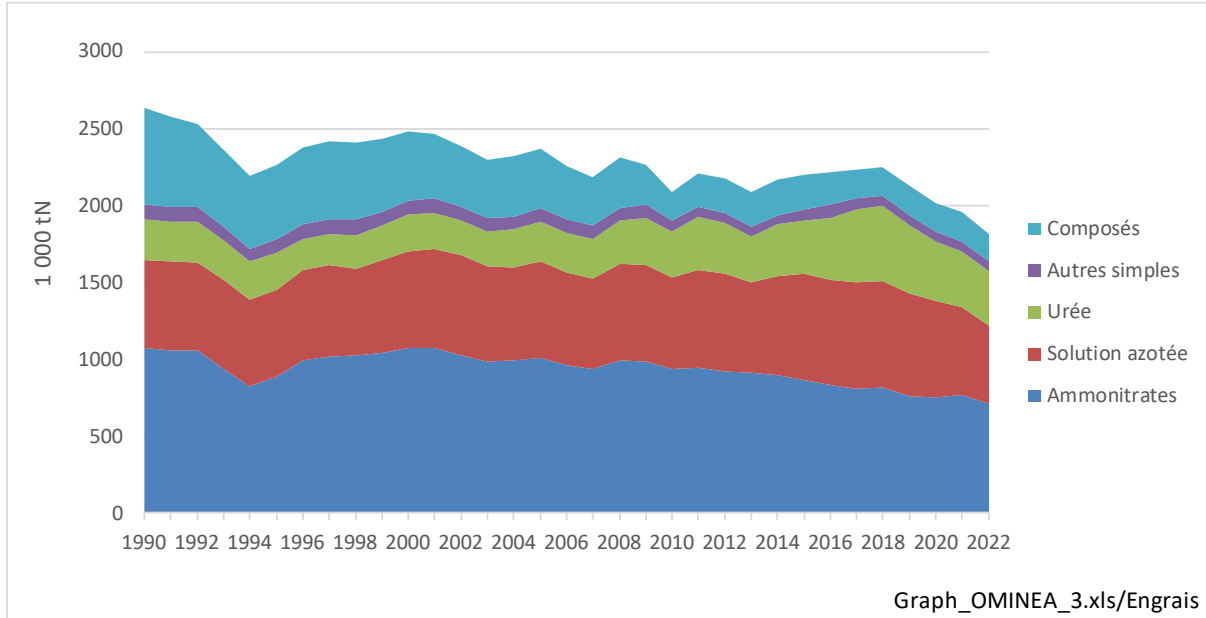


Figure 151 : Moyenne lissée sur deux campagnes des quantités d'azote livrées issues des engrais minéraux épanchés en Métropole (1000 tN)

### Émissions de NO<sub>x</sub>

Ces émissions sont rapportées dans les sous-codes NFR suivants (3Da1, 3Da2a, 3Da2b, 3Da2c, 3Da3).

Des émissions de NO sont estimées au niveau des sols agricoles. Elles sont associées à la présence d'azote réactif en lien avec la fertilisation des productions végétales et la présence des animaux. Ces émissions rentrent également dans le calcul des émissions indirectes de N<sub>2</sub>O.

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées sur la base de la méthodologie EMEP 2019 en utilisant le facteur d'émission Table 3.1 p 12 :

$$N\text{-NO} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PPP}) \times FE_{NO}$$

Avec : F<sub>SN</sub> = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliquée aux sols (kgN/an) ; FE = facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N) ; F<sub>ON</sub> : quantité annuelle de fumier animal, compost, digestat, boues et autres ajouts organiques appliquée aux sols (kgN/an).

Les paramètres F<sub>ON</sub> et F<sub>PPP</sub> sont décrits dans la section « Données d'activité - Origines et quantités d'azote apportées ». Le paramètre F<sub>ON</sub> couvre à la fois l'épandage des déjections (produites et importées), les boues, les digestats et les composts.

Le guide EMEP propose une méthodologie par défaut de rang 1, avec un facteur d'émission provenant du tableau 6 de Stehfest et Bouwman [1194], calculé à l'échelle européenne comme la moyenne pondérée des facteurs d'émission des cultures et des prairies (0,04 kgNO<sub>2</sub>/kgN épandu soit 0,012 kgN-NO/kgN ou 1,22 % de l'azote épandu).

Les émissions sont converties en équivalent NO<sub>2</sub> de la façon suivante :

$$NO_2 = N\text{-NO} \times 46/14$$



Cette valeur proposée par EMEP est nettement supérieure (de + 118 %) à la valeur retenue par Stehfest et Bouwman à l'échelle mondiale (0,55 %). De récents travaux (Skiba *et al.* 2021 [1242]) trouvent également un facteur d'émission plus bas (0,60 %) mais soulignent que le peu de données disponibles conduit à de fortes incertitudes sur ce facteur d'émission et recommandent ainsi de poursuivre l'utilisation du facteur par défaut EMEP. Par ailleurs, les auteurs n'ont pas observé d'influence significative de la forme d'engrais sur les émissions de NO.

### Émissions de NH<sub>3</sub>

Les émissions de NH<sub>3</sub> liées aux sols agricoles sont calculées de la façon suivante :

$$NH_3 = \sum_i ( F_{SN_i} \times FE_i ) + NH_3_{\text{Epan dage}} + NH_3_{\text{Pâture}} + F_{\text{boues}} \times FE_{\text{boues}} + F_{\text{compost}} \times FE_{\text{compost}} + F_{\text{digestat}} \times FE_{\text{digestat}} + F_{\text{import\_déjections}} \times FE_{\text{déjections}}$$

**Avec:**  $F_{SN_i}$  = quantité annuelle de N d'engrais synthétique  $i$  appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE_i$  = facteur d'émission de NH<sub>3</sub> associé à l'engrais  $i$  (kg NH<sub>3</sub>/kg N) ;  $NH_3_{\text{Epan dage}}$  = émissions de NH<sub>3</sub> liées à l'épandage des déjections ;  $NH_3_{\text{Pâture}}$  = émissions de NH<sub>3</sub> liées aux animaux à la pâture ;  $F_{\text{boues}}$  = quantité annuelle de N des boues appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE_{\text{boues}}$  = facteur d'émission de NH<sub>3</sub> associé aux boues (kg NH<sub>3</sub>/kg N) ;  $F_{\text{compost}}$  = quantité annuelle de N des composts appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE_{\text{compost}}$  = facteur d'émission de NH<sub>3</sub> associé au compost (kg NH<sub>3</sub>/kg N) ;  $F_{\text{digestat}}$  = quantité annuelle de N des digestats appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE_{\text{digestat}}$  = facteur d'émission de NH<sub>3</sub> associé au digestat (kg NH<sub>3</sub>/kg N) ;  $F_{\text{import\_déjections}}$  = quantité annuelle de N des déjections importées appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE_{\text{déjections}}$  = facteur d'émission de NH<sub>3</sub> associé aux déjections (kg NH<sub>3</sub>/kg N).

Nous allons détailler ci-dessous l'estimation des différents termes de l'équation.

#### Engrais synthétiques

Les quantités d'azote apportées en Métropole fournies par l'UNIFA [90] distinguent différentes catégories d'engrais : ammonitrates, sulfate d'ammoniaque, cyanamide calcique et nitrate de chaux, urée, solutions azotées, ammoniac anhydre, autres simples et autres composés.

Le guide méthodologique EMEP 2019 [1060] propose des facteurs d'émission par défaut pour chacun des types de fertilisants minéraux, par grande zone climatique, en distinguant les sols à pH inférieur ou égal à 7, des sols à pH supérieur à 7.

Dans la carte des climats du Giec 2006, la Métropole est principalement considérée en zone « froide » (température moyenne <15°C), à l'exception de la Corse et de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur pour certaines années (climat « tempéré », compris entre 15°C et 25°C). L'approximation d'un climat « froid » appliqué à toutes les régions a été effectuée.

*A noter :* dans la nouvelle carte proposée par le Giec 2019, seulement 18% des surfaces métropolitaines sont en zone « froide ». Cependant, le guide Emep 2019 utilisé ici pour l'estimation des émissions de NH<sub>3</sub> faisant référence à la carte du Giec 2006, c'est bien cette dernière qui a été utilisée.

Les pH des sols sont disponibles par cantons (résolution fine) dans la Base de Données d'Analyse des Terres (BDAT) [965]. Une simulation a été menée en prenant en compte ces pH de manière à différencier les FE EMEP 2019. Cette simulation a donné des résultats très similaires à ceux obtenus en appliquant les FE moyennés entre les deux gammes de pH disponibles dans EMEP 2016, pour un climat « froid ». Le choix a été fait de conserver cette approche simplifiée, à savoir l'application des facteurs d'émission moyennés pour la gamme de pH en climat « froid », pour le calcul d'émission d'ammoniac des engrais minéraux.

Les facteurs résultants utilisés dans l'inventaire national sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 146 : Facteurs d'émission de NH<sub>3</sub> pour les engrais minéraux

Type de fertilisant	kg NH <sub>3</sub> / kg de N épandu
Ammoniac anhydre	0,027
Nitrate d'ammonium (Ammonitrates)	0,024
Sulphate d'ammonium	0,128
Solutions azotées	0,097
Urée	0,160
Autres simples N	0,015
Autres composés	0,071

Depuis 2014, un nouveau type d'engrais est considéré pour le calcul des émissions de NH<sub>3</sub> : l'urée avec inhibiteur d'uréase. Pour ces quantités d'engrais, le facteur d'émission par défaut EMEP est adapté avec le facteur de réduction proposé par la guidance UNECE [809], qui indique une réduction de 70 % des émissions d'ammoniac.

Par ailleurs, les enquêtes pratiques culturales 2011 et 2017 menées par le MAA [485] ont permis d'estimer les quantités d'urée et de solution azotée enfouies directement dans les 12h :

- Dans l'enquête 2011 : la part des solutions azotées enfouies dans les 12h a été estimée au niveau national à 1,8 %, celle pour l'urée à 11,4 % ;
- Dans l'enquête 2017 : la part des solutions azotées enfouies dans les 12h a été estimée au niveau national à 7,9 %, celle pour l'urée à 14,0 %.

Ces données sont utilisées de la manière suivante sur la période :

- En 1990 : pas d'enfouissement dans les 12h ;
- De 1991 à 2004 : interpolation linéaire entre l'hypothèse d'absence d'enfouissement dans les 12h et les taux issus de l'enquête 2011 ;
- De 2005 à 2011 : application des taux issus de l'enquête 2011 ;
- De 2012 à 2016 : interpolation linéaire entre les taux issus de l'enquête 2011 et ceux issus de l'enquête 2017 ;
- De 2017 à l'année en cours : application des taux issus de l'enquête 2017.

Pour ces quantités enfouies, le facteur d'émission par défaut EMEP est adapté avec la plage des facteurs de réduction proposée par les orientations UNECE [809], qui indique une réduction des émissions d'ammoniac entre 50% et 80%. La valeur retenue est la moyenne de ces valeurs, soit 65% de réduction des émissions d'ammoniac.

### 5.3.2.2. Epandage des déjections animales (NFR 3Da2a)

#### 5.3.2.2 Animal manure applied to soils

##### Déjections animales

L'azote contenu dans les déjections animales produites au bâtiment et épandues par la suite est calculé à partir de nombreuses sources. Le calcul détaillé de ces quantités d'azote est décrit en section « 5.2. Gestion des déjections », et correspond à la somme des paramètres « N<sub>épan\_liquide\_métha</sub> », « N<sub>épan\_liquide</sub> » et « N<sub>épan\_solide</sub> ».

Pour rappel, l'azote à épandre issu des déjections est estimé de la façon suivante :

$$N_{\text{épan}} = N_{\text{ex_bâtiment}} + N_{\text{paille}} - (N\text{-NH}_3_{\text{bâtiment}} + N\text{-NH}_3_{\text{stockage}} + N\text{-NH}_3_{\text{Pré-stockage (méthanisation)}} + N\text{-NH}_3_{\text{Stockage (méthanisation)}} + N\text{-NO}_{\text{-stockage}} + N_2 + N\text{-N}_2\text{O}_{\text{direct_bâtiment}} + N_{\text{lessivé}} + N_{\text{résorbé_nitri}}) + N_{\text{déjections_importées}}$$

Avec  $N_{\text{résorbé_nitri}}$  : l'azote résorbé par nitrification/dénitrification ;  $N_{\text{déjections_importées}}$  : l'azote issu des déjections importées des pays frontaliers (voir ci-dessous).

Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs prises par ces différents paramètres au périmètre Métropole :

Tableau 147 : Récapitulatif du devenir de l'azote pour estimer les quantités épandues (Périmètre Métropole)

	N excrété au bâtiment tN	N apporté par la paille tN	N volatilisé en NH <sub>3</sub> NOx tN	N volatilisé en N <sub>2</sub> O direct tN	N lessivé tN	N <sub>2</sub> tN	N résorbé par nitri tN	N déjections importées tN
1990	954 429	30 367	217 351	6 316	42 698	107 090	0	1 807
1991	945 142	29 717	215 363	6 188	42 313	106 127	0	1 807
1992	937 243	28 823	213 845	6 047	41 873	105 030	0	1 232
1993	938 490	28 418	214 423	5 985	41 824	104 914	0	2 054
1994	947 119	28 390	216 472	5 999	42 154	105 746	0	2 054
1995	953 797	28 549	217 767	5 993	42 411	106 395	0	2 465
1996	956 507	28 532	218 401	5 948	42 364	106 282	0	2 136
1997	949 674	28 185	216 776	5 847	42 031	105 449	0	2 383
1998	945 733	28 065	215 401	5 782	41 753	104 755	743	3 697
1999	938 280	28 104	213 145	5 742	41 214	103 406	1 485	3 451
2000	957 103	29 700	216 544	5 954	42 054	105 507	2 228	4 108
2001	952 078	29 608	215 199	5 894	41 840	104 968	2 971	3 861
2002	934 475	28 626	211 132	5 746	40 745	102 232	3 713	5 816
2003	908 090	27 503	205 012	5 552	39 514	99 145	4 456	7 867
2004	892 012	27 214	200 916	5 476	38 532	96 684	5 953	6 062
2005	885 863	27 173	198 918	5 457	38 144	95 710	7 449	7 256
2006	879 151	27 357	197 157	5 451	37 806	94 858	7 934	6 312
2007	886 882	27 741	198 674	5 490	38 108	95 616	8 418	9 331
2008	897 025	28 851	200 133	5 584	38 543	96 704	9 010	12 355
2009	882 977	28 410	196 684	5 504	38 166	95 749	9 602	11 174
2010	873 808	27 889	194 534	5 439	37 891	95 053	10 194	14 509
2011	859 025	27 145	191 655	5 340	37 280	93 519	10 353	18 899
2012	849 047	26 769	188 990	5 278	37 024	92 868	10 512	18 240
2013	845 917	26 615	187 295	5 258	37 156	93 191	10 671	19 045
2014	849 526	26 609	187 848	5 293	37 412	93 826	11 031	19 306
2015	848 295	26 677	187 096	5 292	37 467	93 959	11 391	17 928
2016	839 493	26 596	184 464	5 242	37 002	92 791	11 391	19 348
2017	825 839	26 181	181 033	5 140	36 311	91 058	11 391	19 581
2018	814 936	26 002	178 643	5 062	35 463	88 934	11 391	19 937
2019	799 138	25 444	174 830	4 939	34 541	86 621	11 391	22 290
2020	790 441	25 208	172 242	4 861	34 032	85 339	11 391	22 927
2021	777 719	24 645	169 363	4 726	33 195	83 241	11 391	22 960
2022	752 058	24 124	162 880	4 587	32 104	80 492	11 391	26 832

L'azote contenu dans les déjections animales produites à la pâture est calculé à partir de nombreuses sources. Le calcul détaillé de ces quantités d'azote est décrit en section « 5.2. Gestion des déjections », et correspond au paramètre « N<sub>ex\_pâture</sub> ».

#### *Imports d'azote des pays frontaliers*

Les quantités d'azote contenues dans les déjections importées provenant des pays frontaliers à la métropole (Belgique, Luxembourg, Pays-Bas, Italie et autres pays frontaliers) sont recalculées différemment selon les périodes :

- Pour l'année 1990 : une hypothèse de stabilité a été retenue entre 1990 et 1991.

- De 1991 à 2001 : un rapport du MEDDE de 2002 [591] fournit des données d'importations en provenance d'Italie, des Pays-Bas, de la Belgique-Luxembourg et « Autres », et d'exportations (totales vers tous pays) de déjections pour la période 1991-2001. Les données sont fournies sous la forme de graphique, en Mg/an. Le rapport du MEDDE [591] et le Voortgangsrapport mestbank [592] de 2002 indiquent que la majorité des déjections sont d'origine avicole. La teneur moyenne en azote des déjections importées a été estimée sur la base du Voortgangsrapport mestbank [592] de 2002 et utilisée pour les années précédentes. Cette teneur est de 29,34 kg N/tonne de déjections.
- Pour 2002 et 2003 : des données d'importations d'azote provenant de Belgique sont disponibles annuellement dans les rapports Mestrapport publiés par le VLM (Vlaamse Landmaatschappij / « agence foncière flamande ») [592]. A ces données qui varient annuellement est additionné le solde calculé pour l'année 2001 des importations en provenance d'Italie, des Pays-Bas et « Autres » [591], moins les exportations françaises. Les parts de déjections porcines et de volailles importées sont déterminées à partir des rapports VCM (Vlaamse coördinatiecentrum Mestverwerking - « centre de coordination flamand du traitement du fumier ») [1195].
- A partir de 2004 : les données des douanes [1294] sont utilisées. Ces données présentent les imports et exports pour la catégorie "Engrais d'origine animale ou végétale, même mélangés entre eux ou traités chimiquement ; engrais résultant du mélange ou du traitement chimique de produits d'origine animale ou végétale (à l'exclusion des produits présentés soit en tablettes ou formes similaires)". Les différents Mestrapport publiés pour les années post 2003 proposent également des quantités brutes et des quantités d'azote exportées. A partir de ces valeurs, on estime une teneur moyenne en azote des effluents exportés vers la France autour de 2,4%. Afin de rester conservateur, la valeur de 3% est utilisée pour convertir les données des douanes (quantités brutes) en azote.

Comme indiqué plus haut, la majeure partie des déjections importées est d'origine avicole. Le reste est attribué à des déjections porcines. Cette répartition entre déjections porcines et avicoles est définie à partir des différents Mestrapport entre 2002 et 2013. Faute d'autres données, la répartition 2002 est utilisée pour les années 1990-2001. De la même manière, la répartition 2013 est utilisée pour les années suivantes.

### Émissions de NOx

Ces émissions sont rapportées dans les sous-codes NFR suivants (3Da1, 3Da2a, 3Da2b, 3Da2c, 3Da3).

Des émissions de NO sont estimées au niveau des sols agricoles. Elles sont associées à la présence d'azote réactif en lien avec la fertilisation des productions végétales et la présence des animaux. Ces émissions rentrent également dans le calcul des émissions indirectes de N<sub>2</sub>O.

Les émissions de NOx sont déterminées sur la base de la méthodologie EMEP 2019 en utilisant le facteur d'émission Table 3.1 p 12 :

$$\text{➤ } N\text{-NO} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PPP}) \times FE_{NO}$$

Avec :  $F_{SN}$  = quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE$  = facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N) ;  $F_{ON}$  : quantité annuelle de fumier animal, compost, digestat, boues et autres ajouts organiques appliquée aux sols (kgN/an).

Les paramètres  $F_{ON}$  et  $F_{PPP}$  sont décrits dans la section « Données d'activité - Origines et quantités d'azote apportées ». Le paramètre  $F_{ON}$  couvre à la fois l'épandage des déjections (produites et importées), les boues, les digestats et les composts.

Le guide EMEP propose une méthodologie par défaut de rang 1, avec un facteur d'émission provenant du tableau 6 de Stehfest et Bouwman [1194], calculé à l'échelle européenne comme la moyenne pondérée des facteurs d'émission des cultures et des prairies (0,04 kgNO<sub>2</sub>/kgN épandu soit 0,012 kgN-NO/kgN ou 1,22 % de l'azote épandu).

Les émissions sont converties en équivalent NO<sub>2</sub> de la façon suivante :

$$\text{➤ } NO_2 = N\text{-NO} \times 46/14$$

Cette valeur proposée par EMEP est nettement supérieure (de + 118 %) à la valeur retenue par Stehfest et Bouwman à l'échelle mondiale (0,55 %). De récents travaux (Skiba *et al.* 2021 [1242]) trouvent également un facteur d'émission plus bas (0,60 %) mais soulignent que le peu de données disponibles conduit à de fortes incertitudes sur ce facteur d'émission et recommandent ainsi de poursuivre l'utilisation du facteur par défaut EMEP. Par ailleurs, les auteurs n'ont pas observé d'influence significative de la forme d'engrais sur les émissions de NO.

### Émissions de NH<sub>3</sub>

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont calculées de la façon suivante :

$$\text{NH}_3 = \text{NH}_3_{\text{Epannage}} + F_{\text{import\_déjections}} \times FE_{\text{déjections}}$$

*Avec* :  $\text{NH}_3_{\text{Epannage}}$  = émissions de NH<sub>3</sub> liées à l'épandage des déjections ;  $F_{\text{import\_déjections}}$  = quantité annuelle de N des déjections importées appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE_{\text{déjections}}$  = facteur d'émission de NH<sub>3</sub> associé aux déjections (kg NH<sub>3</sub>/kg N).

Le calcul des émissions de NH<sub>3</sub> liées à l'épandage des déjections est décrit en section « 5.2. Gestion des déjections ».

Les facteurs d'émission proposés par EMEP 2019 sont exprimés à partir de l'azote ammoniacal (TAN). Faute de données précises sur ces déjections, leurs teneurs en TAN par rapport à l'azote total ont été recalculées à partir de données françaises [1298]. On considère pour les déjections d'origines porcines une teneur en TAN de 30%, et de 14% pour les déjections avicoles.

### Émissions de COVNM

Le calcul des émissions des COVNM émis par l'élevage à l'épandage est décrit dans la section « 5.2. Gestion des déjections » mais celles-ci sont bien rapportées au sein du code NFR liés aux sols agricoles (3Da2a épandage de déjections animales).

#### 5.3.2.3. Epandage des boues (NFR 3Da2b)

##### 5.3.2.3 Sewage sludge applied to soils

L'azote apporté par l'épandage des boues de traitement des eaux usées est estimé à partir des quantités de boues des stations d'épuration (en MS) épandues en France, tirées de la base de données nationale des eaux résiduaires urbaines [511], et de la quantité d'azote moyenne contenue dans les boues en France, estimée à environ 4,3% de N par tonne de matière sèche [1061] proche de la valeur par défaut (4,5 %) rapportée dans EMEP [441]. La méthodologie employée est décrite dans la section sur les déchets « 5D\_Waster\_water\_treatment ».

### Émissions de Nox

Des émissions de NO sont estimées au niveau des sols agricoles. Elles sont associées à la présence d'azote réactif du fait de la fertilisation et de la présence des animaux. Ces émissions sont par ailleurs utilisées pour le calcul des émissions indirectes de N<sub>2</sub>O.

Les émissions de NOx sont déterminées de la façon suivante :

$$\text{N-NO} = F_{\text{boues}} \times FE_{\text{NO}}$$

*Avec* :  $F_{\text{boues}}$  : quantité annuelle de boues appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE_{\text{NO}}$  = facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N).

Le facteur d'émission utilisé provient du guide EMEP 2019 exprimé en % N épandu volatilisé en N-NO : 0,04 kgNO<sub>2</sub>/kgN épandu soit 0,012 kgN-NO/kgN ou **1,22 % de l'azote épandu**.

Les émissions sont converties en équivalent NO<sub>2</sub> de la façon suivante :

$$\text{NO}_2 = \text{N-NO} \times 46/14$$

### Émissions de NH<sub>3</sub>

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont calculées de la façon suivante :

$$NH_3 = F_{\text{boues}} \times FE_{\text{boues}}$$

Avec:  $F_{\text{boues}}$  = quantité annuelle de N des boues appliquée aux sols (kgN/an) ;  $FE_{\text{boues}}$  = facteur d'émission de  $NH_3$  associé aux boues (kg  $NH_3$ /kg N).

Le facteur d'émission utilisé, tiré d'EMEP 2019 est égal à 0,13 kg  $NH_3$ /kg N des boues.

### 5.3.2.4. Epandage d'autres engrais organiques (NFR 3Da2c)

#### 5.3.2.4 Other organic fertilisers applied to soils (including compost)

##### Epandage des composts

L'azote contenu dans les déchets compostés est calculé à partir des quantités de déchets traités par compostage industriel et domestique (déchets verts, ordures ménagères, biodéchets, boues etc.), disponibles dans les enquêtes bisannuelles de l'ADEME [32], et de la composition des composts en azote total, issue d'une publication de l'ADEME [537]. La méthodologie employée est décrite dans la section sur les déchets « 5B\_Biological\_treatments ».

##### Épandage du digestat

L'azote apporté par l'épandage de digestat issu de la méthanisation est estimé à partir des quantités de digestat épandues (en matière brute) en France métropolitaine. Les méthaniseurs actuellement en fonctionnement sont principalement basés sur la codigestion d'effluents d'élevage avec d'autres substrats organiques.

Le calcul des émissions liées à l'épandage de la fraction animale du digestat (fumiers, lisiers) est séparé de celui lié au calcul des émissions liées à l'épandage des digestats d'origine non-animale (ensilages de cultures dédiées ou de cultures intermédiaires à vocation énergétique, résidus de culture, déchets du stockage et de la transformation de céréales, déchets de collectivités tels que des déchets verts, déchets de restauration ou des boues de station d'épuration, déchets des industries agroalimentaires...). Le calcul des quantités d'azote issues de la fraction hors-effluents d'élevage des digestats est explicité dans la partie introductive "5.1 Généralités". Il s'appuie sur une estimation de la ration totale des méthaniseurs par catégorie d'intrant et de références sur la teneur en azote de ces catégories d'intrant.

##### **Émissions de NOx**

Des émissions de NO sont estimées au niveau des sols agricoles. Elles sont associées à la présence d'azote réactif du fait de la fertilisation et de la présence des animaux.

Les émissions de NOx sont déterminées de la façon suivante :

$$N\text{-NO} = F_{\text{PPP}} \times FE_{\text{NO}}$$

Avec :  $F_{\text{PPP}}$  = quantité annuelle de déjection à la pâture (kgN/an) ;  $FE_{\text{NO}}$  = facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N).

Le facteur d'émission utilisé provient du guide EMEP 2019 exprimé en % N épandu volatilisé en N-NO : 0,04 kg $NO_2$ /kgN épandu soit 0,012 kgN-NO/kgN ou **1,22 % de l'azote épandu**.

Les émissions sont converties en équivalent  $NO_2$  de la façon suivante :

$$NO_2 = N\text{-NO} \times 46/14$$

##### **Émissions de $NH_3$**

Les émissions de  $NH_3$  sont calculées de la façon suivante :

$$NH_3 = (F_{\text{digestat}} + F_{\text{compost}}) \times FE_{\text{org}}$$

*Avec:  $F_{compost}$  = quantité annuelle de N des composts appliquée aux sols (kgN/an) ;  $F_{digestat}$  : quantité annuelle de digestat appliquée aux sols (kg N/an) ;  $FE_{compost}$  = facteur d'émission de  $NH_3$  associé au compost (kg  $NH_3$ /kg N)*

Pour les composts et le digestat (hors déjections méthanisées), le facteur d'émission utilisé est celui proposé par défaut par EMEP 2019 [1060], pour les « other organic wastes », basé sur l'azote total épandu. Ce facteur d'émission est égal à 0,08 kg  $NH_3$ /kg N épandu.

### 5.3.2.5. Animaux à la pâture (NFR 3Da3)

#### 5.3.2.5 Urine and dung deposited by grazing animals

L'azote contenu dans les déjections animales produites à la pâture est calculé à partir de nombreuses sources. Le calcul détaillé de ces quantités d'azote est décrit en section « 5.2. Gestion des déjections », et correspond au paramètre «  $N_{ex\_p\grave{a}ture}$  ».

#### Émissions de NOx

Des émissions de NO sont estimées au niveau des sols agricoles. Elles sont associées à la présence d'azote réactif du fait de la fertilisation et de la présence des animaux.

Les émissions de NOx sont déterminées de la façon suivante :

$$N-NO = F_{PPP} \times FE_{NO}$$

Avec :  $F_{PPP}$  = quantité annuelle de déjection à la pâture (kgN/an) ;  $FE_{NO}$  = facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N).

Le facteur d'émission utilisé provient du guide EMEP 2019 exprimé en % N épandu volatilisé en N-NO : 0,04 kg $NO_2$ /kgN épandu soit 0,012 kgN-NO/kgN ou **1,22 % de l'azote épandu**.

Les émissions sont converties en équivalent  $NO_2$  de la façon suivante :

$$NO_2 = N-NO \times 46/14$$

#### Émissions de $NH_3$

Le calcul des émissions de  $NH_3$  liées aux animaux gérés à la pâture est décrit en section « 5.2. Gestion des déjections ».

#### Émissions de COVNM

Le calcul des émissions des COVNM liées aux animaux gérés à la pâture est décrit dans la section « 5.2. Gestion des déjections » mais celles-ci sont bien rapportées au sein du code NFR lié au pâturage (3Da3).

### 5.3.2.6. Opérations agricoles à la ferme (NFR 3Dc)

#### 5.3.2.6 Farm-level agricultural operations including storage, handling and transport of agricultural products

#### Émissions de particules (TSP, $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ )

##### Liées au travail du sol :

Les facteurs d'émissions de niveau 1 des particules primaires sont fournis dans les lignes directrices EMEP 2019. EMEP 2019 ne fournissant pas de facteur différencié pour les TSP (facteur égal à celui des  $PM_{10}$ ), ce dernier est calculé grâce à la granulométrie utilisée dans GAINS pour les sols agricoles [484, table 3.74 page 81]. Ces facteurs d'émission sont appliqués à l'ensemble des terres arables.

Tableau 148 : Facteurs d'émission de particules pour les sols agricoles

	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
Facteur d'émission en kg/ha	28,364	1,56	0,06

Les données de surfaces sont fournies dans la section « 5.1\_Généralités ».

### 5.3.2.7. Opérations agricoles hors-ferme (NFR 3Dd)

#### 5.3.2.7 Off-farm storage, handling and transport of bulk agricultural products

##### Emissions de particules (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)

Liées à la manutention de céréales :

La manipulation des céréales (stockage, transport, séchage) engendre des émissions de particules. Ces émissions sont estimées à partir des quantités de céréales collectées dont les tonnages sont évalués dans le cadre du projet CORTEA EMICER [699]. Pour les années, où cette donnée manque, l'activité est extrapolée avec les tendances de productions de céréales fournies par les statistiques agricoles annuelles [85] : afin d'estimer les quantités de céréales collectées, on applique le ratio quantité de céréales collectées / quantité de céréales produites pour des années connues (78 % en moyenne). Les facteurs d'émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont issus de mesures réalisées par l'INERIS dans le cadre du projet CORTEA EMICER [699]. Ces facteurs d'émission sont différenciés en fonction du type d'opérations de manutention, ils sont pondérés par leur temps de parcours moyen [699] et donnent respectivement 61 g /tonne et 2,4 g /tonne de céréales collectée. Les facteurs d'émission de TSP sont déduits des FE de PM<sub>10</sub> et de la granulométrie [699], ils sont évalués à 111 g / tonne de céréales collectée.

### 5.3.2.8. Sols cultivés (NFR 3De)

#### 5.3.2.8 Cultivated crops

Les formations végétales présentes dans les forêts, prairies et les cultures synthétisent naturellement des composés organiques volatils, au cours de leur croissance, en réponse à des blessures, aux variations de températures, etc. On parle de COV biotique, ou biogénique.

Ces émissions biotiques de COVNM dépendent de multiples paramètres dont le type d'essence végétale, la masse foliaire, la superficie occupée par l'essence végétale, de la température et de la luminosité. Les fonctions d'émission faisant intervenir ces paramètres ne sont pas linéaires et certains de ces paramètres sont fortement variables au cours de l'année (masse foliaire, température, ensoleillement), de la journée (température, ensoleillement), de la localisation (espèce végétale, température, ensoleillement), etc. La méthode de calcul des émissions prend en compte ces différents paramètres.

Les émissions biotiques de COVNM répertoriées actuellement dans l'inventaire différencient les sous-ensembles suivants : Isoprène (ISO), Monoterpènes (MT) et Autres COV (ACOV).

L'intégration de tous ces éléments est réalisée dans le modèle COBRA (Composés Organiques de la Biomasse Rejetés dans l'Atmosphère) [92] développé par le CITEPA. Ce modèle fait appel à diverses données pour caractériser l'activité de cette source [14, 292, 293].

Depuis l'édition 2021, les émissions de CONVM des prairies et cultures sont rapportées au sein du total national. Du fait de la structure de certaines données sources, les émissions de COVNM des forêts sont actuellement rapportées en mémo item NFR pour la CEE-NU.

##### Émissions de COVNM

Aucune émission des sols eux-mêmes n'est estimée.

Les émissions de COV biotiques sont estimées grâce au modèle COBRA (Composés Organiques de la Biomasse Rejetés dans l'Atmosphère) [92], développé par le Citepa, qui fait appel à diverses données pour caractériser l'activité de cette source [14, 292, 293] et dont les principaux éléments sont présentés ci-après.

Les algorithmes utilisés par le modèle COBRA appliquent l'équation suivante :



$$EM = \varepsilon \cdot D \cdot S \cdot \gamma$$

avec :

- EM : Émissions de COVNM par essence végétale,
- $\varepsilon$  : Taux normalisé d'émission,
- D : Densité de feuillage ou coefficient de biomasse foliaire,
- S : Superficie recouverte par l'essence végétale,
- $\gamma$  : Facteur environnemental correctif (généralement lié à la température et à la luminosité),

Les paramètres sont expliqués ci-dessous de manière succincte. Pour le détail des calculs, se rapporter au rapport spécifique sur le modèle [92].

#### Taux normalisé d'émission ( $\varepsilon$ )

Ce paramètre est utilisé pour le calcul des émissions de COVNM des forêts uniquement.

#### Densité de feuillage (D)

La densité de feuillage forestier est utilisée uniquement pour le calcul des émissions de COVNM des forêts uniquement.

#### *Surfaces des peuplements (S)*

Les surfaces de cultures et de prairies par département sont issues de l'AGRESTE, statistiques agricoles [85] remises à jour annuellement.

#### Facteur environnemental correctif ( $\gamma$ ) :

Les algorithmes utilisés pour calculer les flux d'émissions sont ceux de Guenther [294] qui tiennent compte de la température foliaire et indirectement du rayonnement.

La température foliaire est assimilée dans le cadre de cet inventaire à la température ambiante. Les données de températures sont issues du réseau de RENECOFOR (REseau National de suivi à des ECOSystèmes FORestiers) [293] de l'Office National des Forêts. Ce réseau est constitué d'un peu moins de trente stations de mesure de température réparties sur tout le territoire, de 1996 à nos jours. Il est complété à partir des moyennes de températures mensuelles éditées dans le CPDP [14] (valeurs de Météo France) de 1988 à 1995, grâce à une correspondance établie entre des mois de thermicité identique de la période 1996-2001. Ce qui signifie que ce sont des moyennes mensuelles de températures récentes, sélectionnées selon leur propriété à ressembler aux situations antérieures à 1996, qui ont été utilisées pour les années 1988 à 1996.

Le rayonnement est pris en compte sous la forme du PAR (Photosynthetically Active Radiation), utilisé dans l'équation de Guenther [294] qui correspond à une fraction du rayonnement global (RG) comprise entre 400 et 700 nm. Sa valeur est donc estimée selon  $PAR = 0,45 RG$  (Lambert [295]).

#### Résultats :

Le calcul des émissions suit donc un processus de type bottom-up spatio-temporel. Un module de calcul développé par le CITEPA permet de déterminer les émissions par catégorie d'essence végétale, par mois, par département et pour les catégories de COVNM : isoprène (ISO), monoterpènes (MT) et autres COV (ACOV) [296].

**À noter :** le calcul des émissions des COVNM émis par l'élevage aux postes épandage, pâturage et parcours est décrit dans la section 3B « Manure Management » mais celles-ci sont bien rapportées au sein des codes NFR liés aux sols agricoles (3Da2a épandage de déjections animales et 3Da3 pâturage).

### 5.3.2.9. Utilisation de pesticides (NFR 3Df)

#### *5.3.2.9 Use of pesticides*

L'hexachlorobenzène (HCB) peut être présent à l'état de trace dans certains pesticides et donc être émis lors de l'application ces produits. Les données d'activité sont les données de vente de produits phytopharmaceutiques issues de la BNV-D, banque nationale des ventes réalisées par les distributeurs de produits phytopharmaceutiques [1036], disponibles sur la période 2008-2020. Pour chaque produit

phytopharmaceutique, est donnée la quantité de substance active vendue exprimée en kilogrammes, par département du point de vente. En France, les produits concernés par des traces de HCB dans leur composition sont le piclorame, le chlorothalonil, le tefluthrine & le chlorthal. Pour 2022, la donnée d'activité de 2021 est reportée.

Pour la période avant 2008, faute de donnée disponible, une estimation est faite sur la base des surfaces traitées au moins une fois avec du chlorothalonil. Ces données de surfaces sont disponibles dans les enquêtes pratiques culturales 2011 [485] pour le blé tendre, blé dur, orge, triticale, pois protéagineux, pomme de terre et vigne. Pour chacune de ces catégories, on retient donc une part des surfaces traitées au moins une fois avec du chlorothalonil. Cette part est maintenue pour la période 1990-2012. On estime ensuite un apport moyen de chlorothalonil par hectare de surface traitée en ramenant la donnée calculée pour 2011 aux surfaces estimées. On obtient une dose moyenne de 0,82 kg de chlorothalonil/ha de surface traitée. Cette dose moyenne est ensuite appliquée aux surfaces traitées 1990-2008 pour estimer la quantité de chlorothalonil utilisée sur la période.

*A noter : l'approbation européenne du chlorothalonil, qui concentre la majeure partie des émissions estimées, n'a pas été renouvelée (règlement UE 2019/677 du 29/04/2019). En conséquence, les États Membres retirent les autorisations de mise en marché au plus tard le 20 novembre 2019 avec un délai de grâce le plus court possible et au plus tard le 20 mai 2020. Cela explique le fort recul depuis 2019 et la disparition en 2022 des émissions de HCB en provenance de cette substance.*

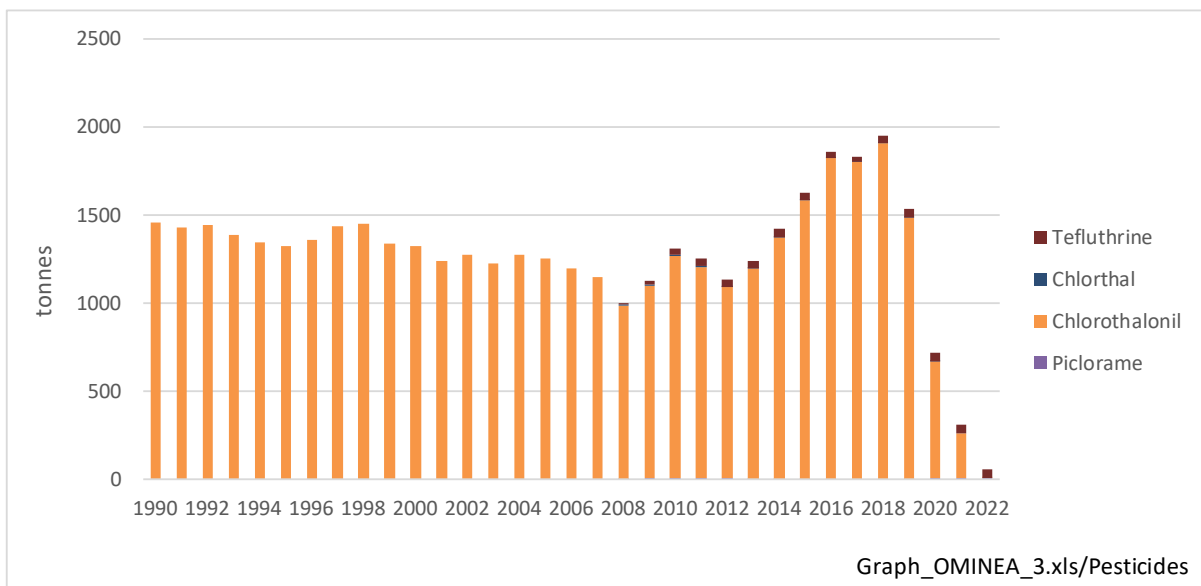


Figure 152 : Estimations des quantités de substances actives utilisées en France

### Polluants organiques persistants (POP)

Les émissions de HCB liées à l'application des pesticides sont estimées à partir des teneurs maximales fournies dans le guide EMEP 2019, mis à jour en Octobre 2018 (Chapitre 3Df, table 3 [1035]). On considère que tout le HCB présent dans la substance se volatilise lors de l'application.

D'après EMEP 2019, la liste des pesticides concernés sont les suivants : Atrazine, propazin, simazine, picloram, pentachloronitrobenzene (PCNB), chlorothalonil, dimethyl tetrachloroterephthalate (chlorthal), tefluthrin, lindane, pentachlorophenol (PCP) and PCP-Na.

Pour chaque type de pesticide, on multiplie la quantité de produit vendue en France par la teneur maximale fournie par EMEP, qui peut varier dans le temps.

Tableau 149 : Teneurs maximales en HCB pour les produits phytosanitaires

Teneur maximale en mg/kg de HCB	1990-1999	2000-2004	2005-2009	2010-année en cours
Picloram			50	
Chlorothalonil	300	40	10	40
Chlorthal	1000		40	

**À noter :** le guide EMEP n'indique pas de teneur en HCB pour le tefluthrin qui pourrait également contribuer aux émissions, et être un enjeu au vu des quantités vendues en France.

### 5.3.3 Incertitudes

#### 5.3.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées."

Sur l'activité, l'incertitude retenue varie selon les sources :

- **Fertilisants minéraux : 5 %**, fondé sur les variations interannuelles des livraisons ;
- **Boues : 40 %**, à dire d'experts ;
- **Autres organiques (composts, digestats) : 40 %**, à dire d'experts.

Pour les **déjections animales**, l'incertitude est estimée en combinant :

- l'incertitude associée au **facteur d'excrétion azotée**, estimée, à dire d'expert, à 20 % ;
- l'incertitude associée à la **répartition des animaux par système de gestion des déjections**, estimée à 25 % (voir section 3B) ;
- et l'incertitude associée au paramètre « **Frac\_Loss** » du GIEC (utilisé pour estimer l'azote épandu), qui varie selon l'espèce concernée et le type de système de gestion des déjections entre 60 % et 75 %.

L'ensemble de ces données pondérées selon la contribution des différents animaux au total de l'azote épandu nous donne une **incertitude de 40 % pour l'azote des déjections animales épandues**.

Pour les animaux à la pâture, la combinaison de l'incertitude associée au facteur d'excrétion azotée et de celle liée à la répartition des animaux par système de gestion des déjections nous donne une incertitude globale pour **l'azote des animaux à la pâture estimée à 30 %**.

Pour les **émissions de NH<sub>3</sub>**, le guide EMEP 2019 indique « *The standard deviation in the NH<sub>3</sub> measurements from mineral fertiliser are at the same level as the average measured emission in per cent. The accuracies of overall emissions estimates are probably no better than ±50 %* ». La simplification faite ici est de considérer, pour le facteur recalculé (NH<sub>3</sub>/N épandu) une **incertitude de 50 %**.

Pour les **émissions de NO<sub>x</sub>**, le guide EMEP 2019 indique « *the relative 95 % confidence interval for the NO emission estimates may be regarded as from - 80 % to + 406 %, as given by Stehfest and Bouwman (2006); thus, the overall uncertainty is considered to be a factor of five* ». On retient ici une **incertitude de 400 %**.

Pour les **émissions de COVNM**, on retient une **incertitude de 200 %** (voir section 3B).

Pour les **émissions de particules**, on retient :

- Pour le travail du sol (3Dc) : une **incertitude à 400 %**, fondée sur les incertitudes du guide EMEP 2019. Cette incertitude est réduite pour les TSP à 300 % car la valeur est affinée par l'utilisation de la granulométrie de GAINS.
- Pour la manutention de céréales (3Dd) : une **incertitude à 50 %**.

Pour les émissions de pesticides (3Df), on considère que les données de vente des substances sont fiables (déclaration des distributeurs, faites auprès des agences de l'eau) : on estime l'incertitude associée à 5 %. Pour le facteur d'émission, d'après EMEP 2019, l'incertitude serait comprise entre 15 % et 30 %. On choisit l'incertitude haute de cette fourchette.

### 5.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 5.3.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le Citepa effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries.

Au niveau national, depuis l'année 2010, un groupe de travail sur les inventaires de l'agriculture se réunit, en moyenne une fois par an pour discuter des méthodologies d'inventaire et de leurs évolutions. Ce groupe inclut un panel important d'experts français (INRAE, Instituts techniques, etc.) sur toutes les questions relatives aux émissions dans l'atmosphère de l'agriculture.

### 5.3.5 Recalculs

#### 5.3.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Les recalculs par sous-secteurs (3Da1 ; 3Da2a ; 3Da2b ; 3Da2c ; 3B4d ; 3B4e ; 3B4f ; 3B4g ; 3B4gii ; 3B4giii ; 3B4giv ; 3B4h) sont présentés ci-dessous :

<b>3Da1 - Inorganic N-fertilizers (includes also urea application)</b>	
Données d'activité	Mise à jour des livraisons UNIFA sur la fin de période (2020-2022)
<b>3Da2a - Animal manure applied to soils</b>	
Données d'activité	Révision des quantités d'azote importé sur toute la période, révision de l'azote des déjections produites en France et épandues à la hausse en début de période (révision de la catégorisation génisses) et à la baisse en fin de période (révision du cheptel des chevaux)
COVNM, NO <sub>x</sub>	Révision en lien avec la mise à jour des données d'activité (catégorisation génisses et révision du cheptel des chevaux).
NH <sub>3</sub>	Forte révision à la baisse en lien avec la mise à jour de la part de TAN des déjections importées. A cette révision s'ajoute également l'impact de la mise à jour des données d'activité.
<b>3Da2b - Sewage sludge applied to soils</b>	
Données activité	Mise à jour de la donnée 2021.
<b>3Da2c - Other organic fertilisers applied to soils (including compost)</b>	
Données d'activité	Correction sur l'ensemble de la période : les composts domestiques n'avaient pas été pris en compte dans la précédente soumission. C'est désormais le cas.
<b>3Da3 - Urine and dung deposited by grazing animals</b>	
Données d'activité	Révision à la baisse en lien avec la révision de la catégorisation au niveau des génisses (répartition boucheries/autres) et révision à la baisse du cheptel chevaux

<b>3Dc - Farm-level agricultural operations including storage, handling and transport of agricultural products</b>	
Données d'activité	Légère mise à jour des surfaces (2017,2021)
<b>3Dd - Off-farm storage, handling and transport of bulk agricultural products</b>	
Données d'activité	Légère mise à jour des données d'activité depuis 2015.
<b>3De - Cultivated crops</b>	
	Pas de recalcul
<b>3Df - Use of pesticides</b>	
Données d'activité	Mise à jour des données d'activité sur la période (précédemment : estimation uniquement à partir de 2008). La méthode d'estimation est décrite au paragraphe 5.3.2.9
HCB	Mise à jour du facteur d'émission pour le chlorothalonil en cohérence avec les valeurs proposées dans le guidebook Emep.

### 5.3.6 Améliorations envisagées

#### 5.3.6 Expected improvements

Pour l'ensemble des polluants, il est prévu pour les futures soumissions de passer du guide Emep 2019 au guide EMEP 2023.

Concernant le NH<sub>3</sub> :

- la prise en compte des pratiques existantes pour la réduction des émissions d'ammoniac doit se poursuivre pour les soumissions futures, ce qui impactera également le 3D du fait du cycle de l'azote.
- un travail est en cours pour estimer les émissions de NH<sub>3</sub> à un niveau plus fin (régional), de manière à mieux refléter les conditions pédoclimatiques dans le calcul d'émission.

Enfin, l'estimation des émissions de particules pourra également être améliorée pour les soumissions futures (passage en Tier 2).

## 5.4 Brûlage de résidus agricoles (3F)

### 5.4 Field burning of agricultural residues (3F)

#### 5.4.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 5.4.1 Main features

Cette section concerne les émissions liées au brûlage des résidus de culture. Le brûlage des résidus peut être employé pour nettoyer une parcelle, faciliter la préparation du lit de semence, lutter contre les adventices ou contre la prolifération de certaines maladies des cultures.

Le brûlage de résidus de culture est une pratique interdite en France pour les grandes cultures : en effet, dans le cadre du respect de la conditionnalité (mesure de bonnes conditions agricoles et environnementales, fixées au niveau national), les agriculteurs qui demandent les aides de soutien de la politique agricole commune sont tenus de ne pas brûler les résidus de paille ainsi que les résidus des cultures d'oléagineux, de protéagineux et de céréales. À titre exceptionnel et par dérogation, ce brûlage est autorisé lorsqu'il s'avère nécessaire pour des motifs sanitaires dûment justifiés. Les règles de dérogations ont changé à partir de 2016, date pour laquelle il n'est plus possible d'obtenir une dérogation pour raisons agronomiques. Certaines surfaces sont donc encore brûlées mais cette

pratique demeure peu répandue. Les principales cultures brûlées sont le lin et le riz (pailles riches en silice qui usent le matériel et possèdent un potentiel de dégradation faible). Une part significative des émissions rapportées provient du brûlage des sarments de vigne dont l'activité est tolérée (des restrictions peuvent néanmoins être émises en cas de pic de pollution).

L'évolution des émissions est décrite au début de la section agriculture.

## 5.4.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 5.4.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

Les émissions sont calculées à partir de l'estimation des superficies brûlées par culture, des quantités de résidus présentes après récolte pour ces cultures et des quantités de matière sèche contenue dans ces résidus. La description complète de la méthode d'estimation des résidus est présentée en annexe de la section 3D sur les sols agricoles.

Pour les vignes, on considère une production moyenne de 3 tonnes de sarments par hectare, avec un taux d'humidité de 50%. Ensuite, l'estimation des quantités de sarments brûlées est basée sur les enquêtes pratiques culturelles du SSP 2006, 2013 et 2019 [707]. Dans les enquêtes 2006 et 2013, faute d'information spécifique sur le brûlage, la part brûlée est estimée à partir du taux de restitution des sarments à la parcelle : on considère que les sarments non restitués à la parcelle sont brûlés sur site. Dans l'enquête 2019, la part brûlée est estimée en sommant la part des sarments brûlés sur place et celle des sarments exportés de la parcelle puis brûlés.

Ces données sont utilisées de la manière suivante sur la période :

- De 1990 à 2006 : application des taux issus de l'enquête 2006 ;
- De 2007 à 2012 : interpolation linéaire entre les taux issus de l'enquête 2006 et ceux issus de l'enquête 2013 ;
- De 2014 à 2019 : interpolation linéaire entre les taux issus de l'enquête 2013 et ceux issus de l'enquête 2019 ;
- De 2019 à l'année en cours : application des taux issus de l'enquête 2019.

#### Estimation des quantités de matière sèche des résidus de culture

Les quantités de matière sèche des résidus par culture sont nécessaires pour l'estimation de 2 sources d'émissions distinctes :

- Émissions de N<sub>2</sub>O liées à la décomposition des résidus de culture, après conversion de la matière sèche en azote,
- Émissions liées au brûlage des résidus de culture.

Les quantités de matière sèche et d'azote des résidus de cultures aériens et racinaires sont estimées à partir de l'équation du GIEC 2019 [799] équations 11.6 et 11.7 et du paramètre IR calculé au niveau national. Compte tenu des évolutions méthodologiques des lignes directrices 2019, le choix a été fait de s'aligner au maximum sur la notation et les unités utilisées par le Giec pour les variables.

Tableau 150. Équations mobilisées pour le calcul des quantités azotées des résidus de récolte

(e1)	$FCR_{(T)} = [AGR_{(T)} \cdot N_{AG(T)} \cdot (1 - Frac_{Remove(T)} - (Frac_{Burnt(T)} \cdot C_f))] + [BGR_{(T)} \cdot NBG_{(T)}]$
(e2)	$BGR_{(T)} = (Crop_{(T)} + AG_{DM(T)}) \cdot RS_{(T)} \cdot Area_{(T)} \cdot Frac_{Renew(T)}$
(e3)	$AG_{DM(T)} = Crop_{(T)} \cdot R_{AG(T)}$
(e4)	$Crop_{(T)} = YieldFresh_{(T)} \cdot DRY_{(T)} = \frac{Prod_{(T)} \cdot DRY_{(T)}}{Area_{(T)}}$
(e5)	$R_{AG(T)} = \frac{1 - IR_{(T)}}{IR_{(T)}}$

Avec pour une culture  $T$  :

$FCR_{(T)}$	:	Azote des résidus retournant au sol (kgN/ha)
$AGR_{(T)}$	:	Matière sèche (MS) totale des résidus aériens avant export et brûlage (kgMS)
$N_{AG(T)}$	:	Teneur en azote des résidus aériens (kgN/kgMS)
$Frac_{Remove(T)}$	:	Fraction exportée des résidus aériens (%)
$Frac_{Burnt(T)}$	:	Fraction brûlée des résidus aériens (%)
$C_f$	:	Facteur de combustion (sans dimension)
$BGR_{(T)}$	:	Matière sèche des résidus racinaires (kgMS)
$NBG_{(T)}$	:	Teneur en azote des résidus racinaires (kgN / kgMS)
$Crop_{(T)}$	:	Rendement matière sèche de la culture $T$ (kgMS / ha)
$AG_{DM(T)}$	:	Matière sèche des résidus aériens (kgMS / ha)
$RS_{(T)}$	:	MS résidus racinaires / MS biomasse aérienne totale (sans dimension)
$Area_{(T)}$	:	Superficie récoltée de la culture $T$ (ha)
$Frac_{Renew(T)}$	:	Part des surfaces renouvelées annuellement (%)
$R_{AG(T)}$	:	MS résidus aériens / MS récoltée : $RAG = (1 - IR) / IR$
$IR_{(T)}$	:	Indice de récolte (MS récoltée / MS biomasse aérienne) : $IR = 1 / (1 + RAG)$
$YieldFresh_{(T)}$	:	Rendement moyen de la culture $T$ (kg / ha)
$DRY_{(T)}$	:	Teneur en matière sèche des récoltes (%)
$Prod_{(T)}$	:	Production récoltée de la culture $T$ (en kg)

La méthode développée ci-dessus s'applique aux cultures pour lesquelles sont récoltées les parties aériennes. Dans le cas des betteraves et des pommes de terre, on utilise une quantité de matière sèche et d'azote de résidus aériens par ha pour calculer le  $F_{CR}$ , récapitulées dans le tableau à la fin de cette section [486], pour estimer les quantités d'azote et de matière sèche de résidus aériens. En effet, pour ces cultures les résidus de récolte n'augmentent pas avec le rendement racinaire.

#### $Frac_{Renew(T)}$

Le paramètre prend la valeur de 1 pour les cultures et  $1/x$  avec  $x$  le nombre d'années pendant lesquelles les pâtures ne sont pas renouvelées :

- Dans le cas des prairies artificielles et temporaires, le paramètre prend pour valeur  $1/3$ , car les prairies temporaires et artificielles sont censées être implantées pour moins de 6 ans ce qui donne en moyenne des prairies retournées tous les 3 ans, et qui est cohérent avec la fréquence d'implantation de culture de luzernes qui sont renouvelées tous les 3 ou 4 ans en général,
- Dans le cas des prairies permanentes (naturelles semées depuis plus de 6 ans et surfaces toujours en herbe peu productive), le paramètre prend la valeur de  $1/8$ . Ce résultat est issu des enquêtes TERUTI [662] et correspond à la durée moyenne de « vie » des prairies permanentes en métropole sur la période 1992-2003.

**$AG_{DM(T)}$** 

Le paramètre «  $AG_{DM}$  » (kgMS/ha) est estimé à partir de l'indice de récolte IR (fraction des parties aériennes constituée par le grain : MS récoltée / MS biomasse aérienne), de la surface de cultures et des productions (tMS).

$$AG_{DM(T)} = Crop_{(T)} \cdot R_{AG(T)} = \left( \frac{Prod_{(T)} \cdot DRY_{(T)}}{Area_{(T)}} \right) \times \left( \frac{1-IR_{(T)}}{IR_{(T)}} \right)$$

Pour le colza, l'équation du Cetiom a été utilisée afin d'estimer la valeur de ce paramètre [486]. L'équation est rapportée ci-dessous car celle présentée dans le rapport présente une erreur d'unité :

Résidus aériens (tonnes MS) = 0,0011 x Rendement MS (kg MS/ha) + 4,754
--

Pour les prairies et fourrages annuels (hors maïs) les équations des lignes directrices du Giec 2019 ont été mobilisées (table 11.2 p 11.19).

 **$AGR_{(T)}$** 

Le paramètre «  $AGR_{(T)}$  » (kgMS) est déduit des données de surfaces et du paramètre  $AG_{DM}$  selon l'équation suivante :

$$AGR_{(T)} = AG_{DM(T)} \cdot Area_{(T)}$$

Nous avons exclu le paramètre  $Frac_{Renew}$  dans l'équation ce qui n'a pas d'impact sur les cultures annuelles ( $Frac_{Renew} = 1$ ). Pour tous les types de prairies en revanche ( $Frac_{Renew} < 1$ ), cela implique que la fraction aérienne non prélevée par pâturage ou récolte est rendue disponible chaque année au sol, et contribue ainsi aux émissions. En effet, l'équation des lignes directrices du Giec 2019 n'est plus explicite sur le calcul du  $AGR_{(T)}$  notamment concernant l'ajout du paramètre  $Frac_{Renew}$  alors qu'il l'est pour le  $BGR_{(T)}$ . La pratique conservatrice consiste ainsi à retenir le calcul conduisant aux émissions les plus élevées afin d'éviter une sous-estimation de celles-ci.

 **$Prod_{(T)}$** 

Les données de productions sont issues de la SAA [410]. Les tableaux suivants représentent l'évolution des productions pour 18 catégories de cultures, regroupant les 40 cultures étudiées dans l'inventaire, en kilotonnes (kt).



Tableau 151 : Évolutions des productions de céréales et oléagineux (kt) - Métropole

	Blé	Orge	Maïs	Riz	Autres céréales	Colza	Tournesol	Soja, Lin et autres oléagineux
1990	33 337	9 969	9 381	122	2 248	1 975	2 324	259
1991	34 362	10 603	12 797	115	2 355	2 292	2 611	167
1992	32 491	10 435	14 823	128	2 572	1 854	2 143	88
1993	29 200	8 909	14 726	131	2 424	1 586	1 733	165
1994	30 493	7 566	12 816	129	2 155	1 829	2 132	323
1995	30 870	7 590	12 584	127	2 097	2 703	2 017	287
1996	35 935	9 404	14 319	120	2 460	2 878	2 049	242
1997	33 862	10 004	16 535	127	2 484	3 443	2 044	277
1998	39 801	10 431	14 885	114	2 690	3 690	1 759	293
1999	36 951	9 376	15 355	110	2 447	4 392	1 931	300
2000	37 344	9 716	15 977	115	2 494	3 476	1 833	236
2001	31 532	9 793	16 355	102	2 349	2 873	1 586	332
2002	38 888	10 956	16 309	104	3 145	3 318	1 495	225
2003	30 303	9 833	12 155	105	2 459	3 366	1 513	158
2004	39 615	11 011	16 375	113	3 212	3 998	1 456	160
2005	36 797	10 289	13 877	100	3 024	4 529	1 508	167
2006	35 267	10 372	13 033	92	2 883	4 145	1 437	167
2007	32 657	9 435	14 482	86	2 529	4 690	1 309	121
2008	38 860	12 110	16 152	103	2 896	4 716	1 595	80
2009	38 186	12 831	15 678	126	3 277	5 586	1 716	138
2010	38 023	10 046	14 155	110	3 158	4 811	1 636	189
2011	36 015	8 780	16 231	128	2 986	5 369	1 872	172
2012	37 890	11 343	15 707	123	3 424	5 466	1 586	147
2013	38 617	10 311	15 249	80	3 221	4 368	1 572	151
2014	38 972	11 723	18 797	83	3 283	5 524	1 584	273
2015	42 787	13 096	14 116	80	3 028	5 336	1 191	398
2016	29 285	10 439	11 970	80	2 466	4 743	1 170	394
2017	38 653	12 087	14 678	90	3 069	5 317	1 594	490
2018	35 833	11 173	12 892	72	2 688	4 981	1 235	459
2019	41 083	13 725	13 112	84	3 232	3 523	1 294	487
2020	30 536	10 398	13 888	77	2 858	3 290	1 608	481
2021	36 990	11 455	15 539	64	3 586	3 307	1 913	528
2022	35 024	11 375	10 842	66	3 087	4 517	1 779	444

Tableau 152 : Évolutions des productions de protéagineux, tubercules, fourrages et herbe (kt) - Métropole

	Pois	Autres protéagineux	Betteraves	Pomme de terre	Fourrages	Prairies artificielles	Prairies temporaires	Prairies naturelles*	STH peu productives
1990	3 597	96	31 675	4 723	19 101	4 126	12 888	37 631	3 146
1991	3 193	76	29 410	5 407	23 478	4 250	15 154	38 036	3 182
1992	3 259	63	31 534	6 568	25 460	4 952	18 184	48 013	3 772
1993	3 728	65	31 620	5 731	23 544	4 922	18 834	47 279	3 789
1994	3 402	55	28 898	5 377	22 834	4 520	19 475	45 462	3 405
1995	2 776	50	30 342	5 752	21 730	3 984	16 884	39 507	3 178
1996	2 604	48	30 921	6 104	20 499	3 534	15 861	36 085	3 350
1997	3 154	52	34 005	6 513	23 687	3 617	16 933	38 353	3 147
1998	3 349	72	30 790	5 908	21 645	3 708	19 341	40 789	3 345
1999	2 709	89	32 474	6 534	21 982	3 769	21 237	44 323	3 835
2000	1 936	134	31 121	6 462	21 748	3 806	21 751	46 700	3 708
2001	1 653	191	26 839	6 033	22 344	3 444	20 288	41 546	3 393
2002	1 654	347	33 452	6 834	21 586	3 294	21 000	41 218	3 496
2003	1 608	299	29 310	6 302	19 357	2 427	13 732	27 415	2 413
2004	1 673	387	30 763	7 185	20 483	3 200	21 649	43 595	2 954
2005	1 322	390	31 118	6 517	18 273	2 824	17 254	35 869	2 481
2006	1 004	307	29 845	6 280	17 835	2 827	18 849	39 147	2 756
2007	585	257	33 197	7 100	18 978	3 259	25 992	48 032	3 259
2008	441	320	30 294	6 713	19 231	2 935	25 283	44 834	3 078
2009	536	446	35 126	7 027	19 743	2 610	21 574	37 769	2 662
2010	902	623	31 866	6 612	17 929	2 319	19 584	35 181	2 697
2011	564	433	37 941	7 450	20 396	1 987	17 976	31 274	2 672
2012	473	341	33 075	6 384	19 337	2 139	24 828	39 862	3 059
2013	425	300	33 619	6 979	19 780	2 113	23 568	38 908	3 593
2014	456	353	37 832	8 110	21 753	2 286	27 074	42 698	3 976
2015	557	364	33 590	7 170	18 912	2 435	21 018	32 089	3 250
2016	439	323	34 572	7 027	17 968	2 694	19 485	33 968	2 984
2017	629	342	46 298	8 645	21 128	3 025	20 695	35 968	3 295
2018	495	244	39 876	7 978	19 052	3 325	17 074	31 534	3 120
2019	595	300	38 013	8 686	18 397	3 300	16 305	29 772	2 849
2020	559	282	26 163	8 819	18 781	3 575	16 508	31 626	3 420
2021	552	379	34 365	8 985	18 749	3 576	16 516	31 642	3 421
2022	400	338	31 544	8 040	18 622	3 578	16 524	31 657	3 423

\*ou semées depuis plus de 6 ans

Les statistiques nationales [410] fournissent des productions de grains normalisées, c'est à dire ramenées aux teneurs en humidité commerciales (MH = 1-DRY). Ces productions annuelles en kt sont converties en kt MS grâce au facteur *DRY* (teneur en matière sèche). Les normes commerciales considérées sont de 15 % M.H. pour le maïs, le blé tendre et l'orge, 14,5 % M.H. pour le sorgho, à 14 % pour le pois et le soja, à 9 % M.H. pour le tournesol et le colza. Pour les fourrages, la statistique agricole fournit les valeurs directement en tonne de matière sèche.

### $IR_{(T)}$

Les indices de Récolte (IR) sont fournis par divers organismes techniques ou de recherche nationaux, à partir de nombreuses mesures réalisées *in-situ*. Lorsque plusieurs données de teneur en matière sèche des résidus étaient disponibles pour une même culture et produites par plusieurs organismes, la référence la plus pertinente a été retenue (la pertinence a été évaluée en fonction de nombreux paramètres, dont le nombre de mesures, et a été validée par le groupe de travail sur les inventaires réunissant l'ensemble des experts nationaux issus des différents Instituts Techniques Agricoles). Ces résultats ont été compilés par le Citepa et publiés dans un document de synthèse [486].

**$Frac_{Remove(T)}$  et  $Frac_{Burnt(T)}$** 

Les paramètres  $Area_{BURN}$  et  $Frac_{REMOVE}$  sont estimés à partir des données de devenir des résidus de cultures des enquêtes sur les pratiques culturales [485]. Ces enquêtes fournissent des informations par culture sur les surfaces sur lesquels les résidus de cultures sont brûlés et pour lesquelles les résidus de cultures sont exportés.

 **$C_f$** 

Les facteurs de combustion  $C_f$  proviennent des lignes directrices du Giec 2019 [1229], chapitre 2, Table 2.6 p 2.56

 **$N_{AG(T)}$** 

Le pourcentage d'azote dans la biomasse sèche des résidus aériens ( $N_{AG}$ ) est estimé à partir de teneurs en azote des résidus fournies par divers organismes techniques ou de recherche nationaux, à partir de nombreuses mesures réalisées *in-situ*. Lorsque plusieurs données de teneur en azote des résidus étaient disponibles pour une même culture et produites par plusieurs organismes, la référence la plus pertinente a été retenue (la pertinence a été évaluée en fonction de nombreux paramètres dont le nombre de mesures et a été validée par le groupe de travail sur les inventaires réunissant l'ensemble des experts nationaux issus des différents Instituts Techniques Agricoles). Ces résultats ont été compilés par le Citepa et publiés dans un document de synthèse [486]. Pour les prairies les valeurs des lignes directrices Giec 2019 ont été appliquées.

 **$RS_{(T)}$** 

Les valeurs prises correspondent aux valeurs par défaut des lignes directrices 2019, Table 11.1A p 11.17 [1229]

 **$NBG_{(T)}$** 

Le pourcentage d'azote dans la biomasse sèche des résidus racinaires ( $N_{BG}$ ) correspond aux valeurs par défaut des lignes directrices 2019 [1229].

Les différents paramètres retenus pour les résidus de culture sont synthétisés dans le tableau suivant. Les données étant spécifiques à 40 cultures différentes, ce tableau fournit des fourchettes par famille de cultures.

Tableau 153 : Synthèse des paramètres retenus pour les résidus de culture

	Unité	Blé tendre	Maïs grain	Colza	Tournesol	Pois protéagineux	Betteraves industrielles	Pommes de terre	Maïs fourrage	Autres fourrages annuels	Prairies artificielles	Prairies temporaires	Prairies naturelles ou semées depuis plus de 6 ans	STH peu productives
NAG	kgN / kgMS	0,64%	0,91%	0,70%	0,99%	1,35%	2,09%	1,45%	0,60%	1,50%	2,70%	2,50%	2,50%	1,50%
IR	%	49,00%	49,00%		33,33%	58,00%	72,69%	80,00%	90,00%					
RAG	-	1,041	1,041		2,000	0,724	0,376	0,250	0,111					
DRY	%	85%	85%	91%	91%	86%	23%	22%	32%	32%	21%	19%	21%	21%
Crop	kgMS / ha	6 043	8 525	3 074	2 487	2 460	19 852	9 294	14 291	4 495	8 410	7 102	5 402	1 195
Cf	-	0,9	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
FracBurnt	%	0,40%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,39%	3,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FracRemove	%	53,40%	2,60%	8,90%	2,50%	7,60%	11,90%	11,90%	28,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FracRenew	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,333	0,333	0,125	0,125
NBG	kgN / kgMS	0,009	0,007	0,009	0,009	0,008	0,014	0,014	0,007	0,012	0,019	0,016	0,012	0,012
AGDM	kgMS / ha	6 290	8 873	4 757	4 975	1 782	7 460	2 324	1 588	809	2 439	2 131	1 621	358
RS	-	0,23	0,22	0,22	0,22	0,19	0,20	0,20	0,22	0,54	0,40	0,80	0,80	0,80
FCR / ha	kgN / ha						140	40						

**Émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, NH<sub>3</sub>, TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, BC**

La méthodologie utilisée est celle proposée dans EMEP / EEA 2019 [1056]. Le guide EMEP présente des facteurs d'émission tier 2 pour les cultures de blé, de maïs, d'orge et de riz, représentant environ 80% des quantités de résidus brûlés. Pour les autres cultures, le guide EMEP présente uniquement des facteurs d'émission tier 1. Pour les vignes, la section 5.C.2 du guide EMEP 2019 fournit des facteurs d'émission tier 1 pour le brûlage à l'air libre [1057]. Les facteurs d'émissions sont basés sur la quantité de matière sèche des résidus des cultures brûlés. Les facteurs d'émission utilisés sont détaillés dans les tableaux suivants :

Tableau 154 : Facteurs d'émissions utilisés selon le type de résidu

Polluant	Unité	FE tier 2 blé	FE tier 2 maïs	FE tier 2 orge	FE tier 2 riz	FE tier 1 (autres cultures)	FE tier 1 brûlage à l'air libre - vergers
NO <sub>x</sub>	kg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0023	0,0018	0,0027	0,0024	0,0023	0,0049
CO	kg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0667	0,0388	0,0987	0,0589	0,0667	0,0628
COVNM	kg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0005	0,0045	0,0117	0,0063	0,0005	0,001
SO <sub>x</sub>	kg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0005	0,0002	0,0001	0,0003	0,0005	0,0003
NH <sub>3</sub>	kg.kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0000
TSP	kg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0058	0,0063	0,0078	0,0058	0,0058	0,0049
PM <sub>10</sub>	kg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0057	0,0062	0,0077	0,0058	0,0057	0,0049
PM <sub>2,5</sub>	kg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0054	0,0006	0,0074	0,0055	0,0054	0,0046
BC	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	500	750	1200	500	500	2577

**Métaux lourds (ML)**

La méthodologie utilisée est celle proposée dans EMEP / EEA 2019 [1056]. Le guide EMEP présente des facteurs d'émission tier 2 pour les cultures de blé, de maïs, d'orge et de riz, représentant en 2018 environ 80% des quantités de résidus brûlés. Pour les autres cultures, le guide EMEP présente uniquement des facteurs d'émission tier 1. Les facteurs d'émission utilisés sont détaillés dans les tableaux suivants :

Tableau 155 : Facteurs d'émissions métaux lourds

Polluant	Unité	FE tier 2 blé	FE tier 2 maïs	FE tier 2 orge	FE tier 2 riz	FE tier 1 (autres cultures)	FE tier 1 brûlage à l'air libre - vergers
Pb	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,11	0,007	0,0036	0,072	0,11	0,67
Cd	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,88	0,036	0,24	0,16	0,88	0,07
Hg	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,14	0,028	0,096	0,033	0,14	0,00
As	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,0064	0,013	0,0064	0,091	0,0064	0,04
Cr	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,08	0,1	0,14	0,1	0,08	0,01
Cu	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,073	0,054	0,0036	0,088	0,073	0,14
Ni	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,052	0,036	0,011	0,045	0,052	0,00
Se	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,02	0,028	0,039	0,048	0,02	0,03
Zn	mg kg <sup>-1</sup> matière sèche résidus	0,56	0,84	0,49	0,92	0,56	18,05

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

La méthodologie utilisée pour les dioxines est la méthodologie Tier 1 proposée dans EMEP / EEA 2019 [1056], qui fournit des facteurs d'émission basés sur la quantité de matière sèche des résidus des cultures brûlés.

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

La méthodologie utilisée pour les HAP est la méthodologie proposée dans EMEP / EEA 2019 [1056]. Le guide EMEP présente des facteurs d'émission tier 2 pour les cultures de blé, de maïs, d'orge et de riz.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Ces émissions ne sont pas estimées actuellement.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Ces émissions ne sont pas estimées actuellement.

**5.4.3 Incertitudes****5.4.3 Uncertainties**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

**5.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)****5.4.4 QA/QC**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

Les statistiques recueillies entrent dans le champ de l'assurance qualité de l'organisme émetteur. Le Citepa effectue également des vérifications internes sur la cohérence des séries.

Au niveau national, depuis l'année 2010, un groupe de travail sur les inventaires de l'agriculture se réunit, en moyenne une fois par an pour discuter des méthodologies d'inventaire et de leurs évolutions. Ce groupe inclut un panel important d'experts français (INRAE, Instituts techniques, etc.) sur toutes les questions relatives aux émissions dans l'atmosphère de l'agriculture.

**5.4.5 Recalculs****5.4.5 Recalculations**

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

<b>3F - Field burning of agricultural residues</b>	
Données d'activité	<p>Pour la vigne : révision des pourcentages brûlés en affinant la correspondance entre bassins viticoles et régions par une pondération à partir des surfaces.</p> <p>Pour l'ensemble des résidus : intégration des données révisées de la statistique agricole annuelle pour la période 2010-2022.</p> <p>Pour le colza : correction de l'équation pour estimer les résidus (erreur d'unité)</p>

**5.4.6 Améliorations envisagées****5.4.6 Expected improvements**

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

L'estimation des émissions liées au brûlage associé au dépérissement des parcelles viticoles pourrait être améliorée dans les prochaines soumissions, avec la prise en compte des résultats de l'enquête Pratiques Viticulture 2019.

Des réflexions sont en cours pour compléter l'inventaire avec les émissions liées au brûlage en arboriculture. Ces émissions ne sont pour l'instant pas comptabilisées faute de données nationales disponibles. Un travail spécifique avec les experts de la filière pourrait nous aider à émettre des hypothèses robustes sur ces brûlages.

## 6. Déchets (Secteur NFR 5)

---

### 6. Waste

Les différents procédés de traitement des déchets mis en œuvre engendrent des rejets atmosphériques parfois significatifs de substances comme le CH<sub>4</sub> des Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux (ISDND), certains métaux lourds et polluants organiques persistants en ce qui concerne l'incinération.

Les déchets solides de toute nature sont générés par les ménages, les collectivités et les entreprises (commerces, industries, BTP, installations agricoles etc.). Une partie des déchets des collectivités et des entreprises est traitée dans des installations recevant des déchets ménagers et est assimilée à des déchets ménagers.

Les déchets solides sont éliminés au travers des filières de traitement suivantes :

- Le stockage en Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND),
- L'incinération (déchets non dangereux, déchets industriels dangereux, déchets de soins, boues, etc.) et le brûlage (déchets agricoles, feux de déchets verts),
- Les procédés biologiques (compostage, méthanisation),
- Le tri en vue de la valorisation.

Les installations de traitement recevant des déchets ménagers et assimilés (DMA) font l'objet d'un recensement spécifique de l'ADEME, au travers des enquêtes bisannuelles « ITOM » (Installations de Traitement des Ordures Ménagères). Cette enquête couvre le territoire métropolitain, la Polynésie française, la Martinique, la Réunion, la Guadeloupe, Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Mayotte. La dernière édition de cette enquête a été publiée en 2022 et traite des déchets ménagers traités en 2020. L'enquête distingue les modes de traitement suivants en 2020 :

- a. Stockage en ISDND (187 sites)
- b. Incinération avec et sans récupération d'énergie (119 sites)
- c. Compostage (694 sites)
- d. Méthanisation (9 sites)
- e. Compostage ou méthanisation avec Tri mécano biologiques (TMB) en amont (45 sites)
- f. Tri de DMA (364 sites)

Sur le territoire métropolitain et ultramarin inclus dans l'UE, les sites de stockage de déchets non dangereux (carte de droite ci-dessous) sont répartis de manière assez homogène entre les différentes régions. Dans une moindre mesure, on retrouve cet étalement des sites d'incinération des ordures ménagères (carte de gauche ci-dessous) bien que ces derniers soient plus concentrés en Région Île de France et bien plus absents des territoires ultramarins.

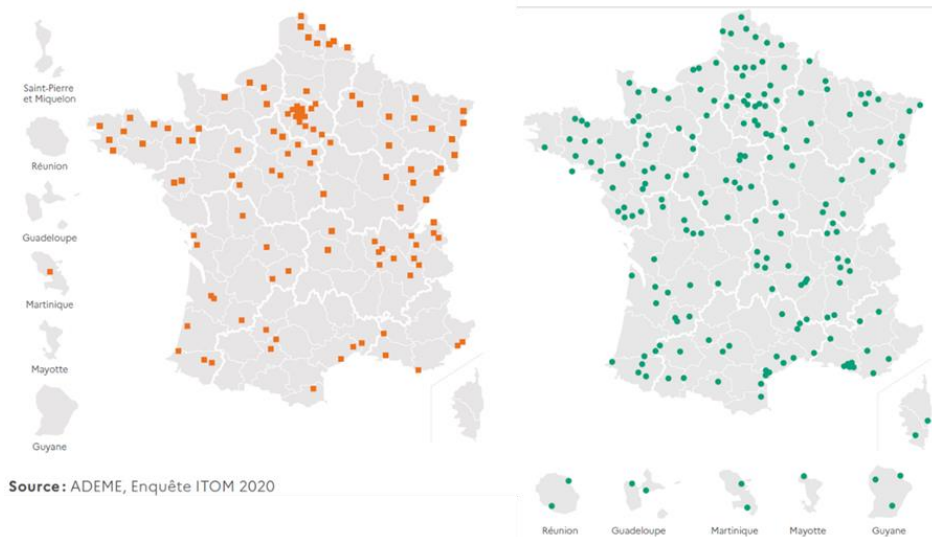
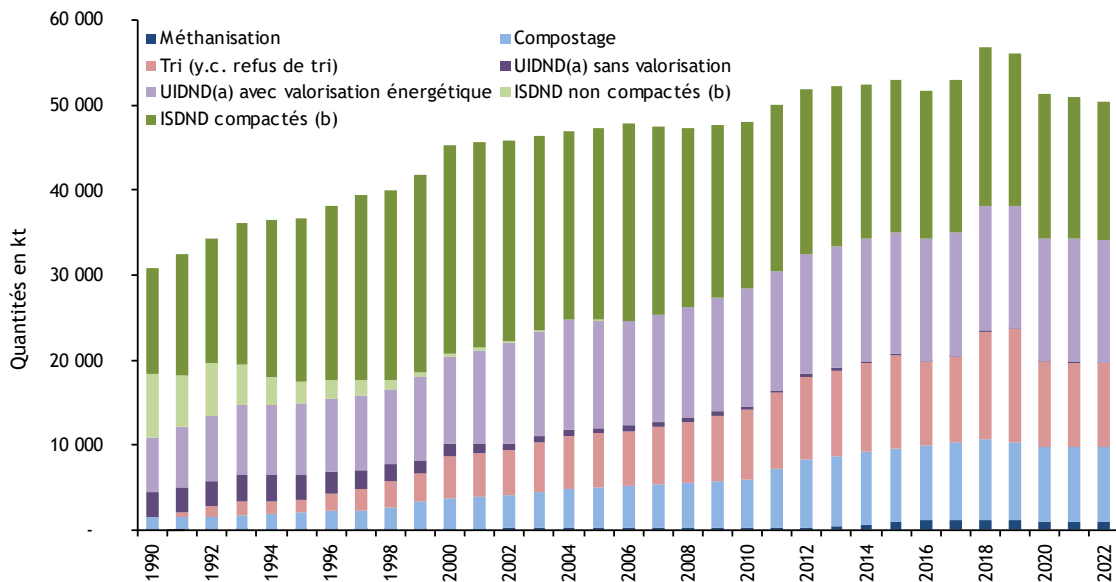


Figure 153 : Parc français des installations d'incinération des ordures ménagères (gauche) de stockage de déchets non dangereux (droite)

Les autres déchets (hors DMA) sont traités dans des installations dédiées (incinérateurs de déchets dangereux, incinérateurs de déchets de soins, incinérateurs de boues, décharges de déchets de BTP, etc.).

La part des déchets ménagers traités par filière de traitement a évolué depuis 1990. La part du stockage a diminué et est passée d'environ 65% en 1990 à moins de 35% de nos jours. La part de l'incinération est restée relativement stable entre de 30% et 25%, sur la période, l'incinération sans récupération d'énergie disparaissant peu à peu au profit de l'incinération avec récupération d'énergie. La part des procédés biologiques, en particulier du compostage, augmente régulièrement et représente aujourd'hui plus de 20% du total traité (contre 5% en 1990).

Dans l'inventaire national, conformément aux lignes directrices internationales sur les inventaires d'émissions nationaux, aucune émission n'est associée au procédé de tri et recyclage des déchets.



(a) UIDND = Usine d'Incinération de Déchets Non Dangereux  
 (b) ISDND = Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux

(\*) DMA = déchets ménagers et assimilés

Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2024

Graph\_5.x.lsx / DMA

Figure 154 : Evolution de la quantité de déchets municipaux par filière de traitement centralisées (Périmètre France UE)



Eaux usées

Les eaux domestiques et industrielles sont traitées au moyen de filières de traitement collectives ou individuelles ou, de façon marginale, sont rejetées sans traitement. Les boues issues des filières de traitement des eaux usées sont traitées au travers des filières de traitement des déchets solides (stockage, incinération, procédés biologiques).

Le traitement des eaux constitue une source d'émissions de COVNM.

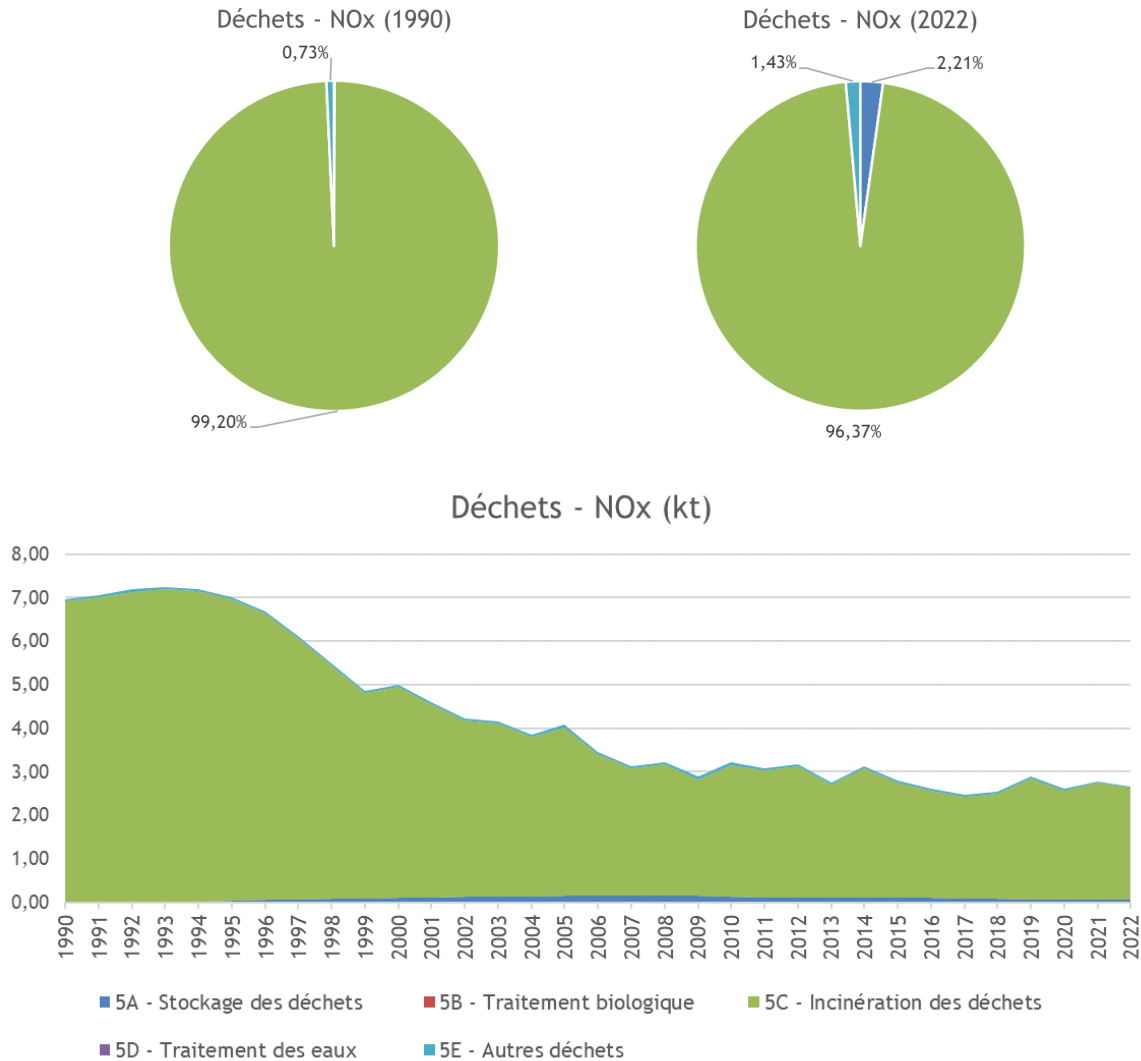
Tableau 156 : Emissions du secteur déchets en France (Métropole) en 2022

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx / recap\_dechets

Substances	Unités	Emissions (*) 2022	Contributions au total national (%) en 2022
SO <sub>2</sub>	Gg	0,4	0,4%
NO <sub>x</sub>	Gg	2,7	0,4%
NH <sub>3</sub>	Gg	7,8	1,5%
COVNM	Gg	10	1,0%
CO	Gg	29	1,2%
As	Mg	0,1	1,5%
Cd	Mg	0,2	7,4%
Cr	Mg	0,3	1,0%
Cu	Mg	0,9	0,3%
Hg	Mg	0,3	11%
Ni	Mg	0,1	0,7%
Pb	Mg	3,0	3,4%
Se	Mg	0,004	0,0%
Zn	Mg	34	8,9%
PCDD/F	g iTEQ	61	50%
HAP	Mg	1,4	4,3%
PCB	kg	1,8	5,4%
HCB	kg	2,2	27%
TSP	Gg	14	1,7%
PM <sub>10</sub>	Gg	14	5,3%
PM <sub>2,5</sub>	Gg	13	7,8%
BC	Gg	2,6	9,4%

(\*) correspond au "total national" tel que défini dans le NFR excluant les memo items / corresponds to the "national total" as defined in the NFR excluding memo items

**Analyse des tendances****Emissions de NO<sub>x</sub>**

**Figure 155 : Evolution et répartition des émissions de NO<sub>x</sub> du secteur déchets (kt)**

Les émissions d'oxydes d'azote associées au traitement des déchets sont principalement issues de la filière incinération sans récupération d'énergie. Cela s'explique par les mécanismes physico chimiques de formation des oxydes d'azote. Les émissions de NO<sub>x</sub> sont en effet principalement induites par deux phénomènes appelés *NO<sub>x</sub> thermique* et *NO<sub>x</sub> combustible*. Les *NO<sub>x</sub> thermique* résultent de l'oxydation du diazote atmosphérique (près de 80% de la composition volumique de l'air ambiant) à haute température (apport énergétique suffisant pour casser la triple liaison du diazote N<sub>2</sub>). Les *NO<sub>x</sub> combustible* quant à eux sont émis par l'oxydation des azotes combinés du combustible.

Les secteurs du stockage des déchets et des autres déchets contribuent très faiblement aux rejets de NO<sub>x</sub>. Les émissions issues du stockage sont déterminées sur la base des quantités de biogaz torchées ou valorisées. Enfin parmi les autres sources émettrices de NO<sub>x</sub>, on compte les incendies de véhicules.

Entre 1990 et 2022, la part des émissions allouées à l'incinération des déchets a légèrement diminué, passant de 99% à 96%. Ceci s'explique par une diminution régulière des rejets des incinérateurs liée à une diminution des quantités de déchets incinérés sans récupération d'énergie au profit notamment des incinérateurs avec récupération d'énergie, dont les émissions sont comptabilisées dans le secteur Energie. A cette évolution vient s'ajouter une augmentation des émissions provenant des décharges

(augmentation du captage du biogaz au cours du temps engendrant une augmentation des quantités de biogaz torchées et valorisées). La baisse des rejets de NO<sub>x</sub> s'est renforcée dans les années 2000 du fait de la mise en conformité des incinérateurs concernant le respect des valeurs limites d'émissions (VLE) suite à la publication de l'arrêté du 20 septembre 2002 (applicable à tous les UIDND depuis le 28 décembre 2005).

L'année 2020 (année de la pandémie de Covid-19) a vu une baisse des émissions (-9% par rapport à 2019) qui a été précédée de deux ans d'augmentation. Puis en 2021 les émissions ont augmenté à nouveau (+6% par rapport à 2020). L'année 2022 présente une baisse des émissions de NO<sub>x</sub> pour le secteur des déchets de 4% par rapport à 2021.

Emissions de COVNM

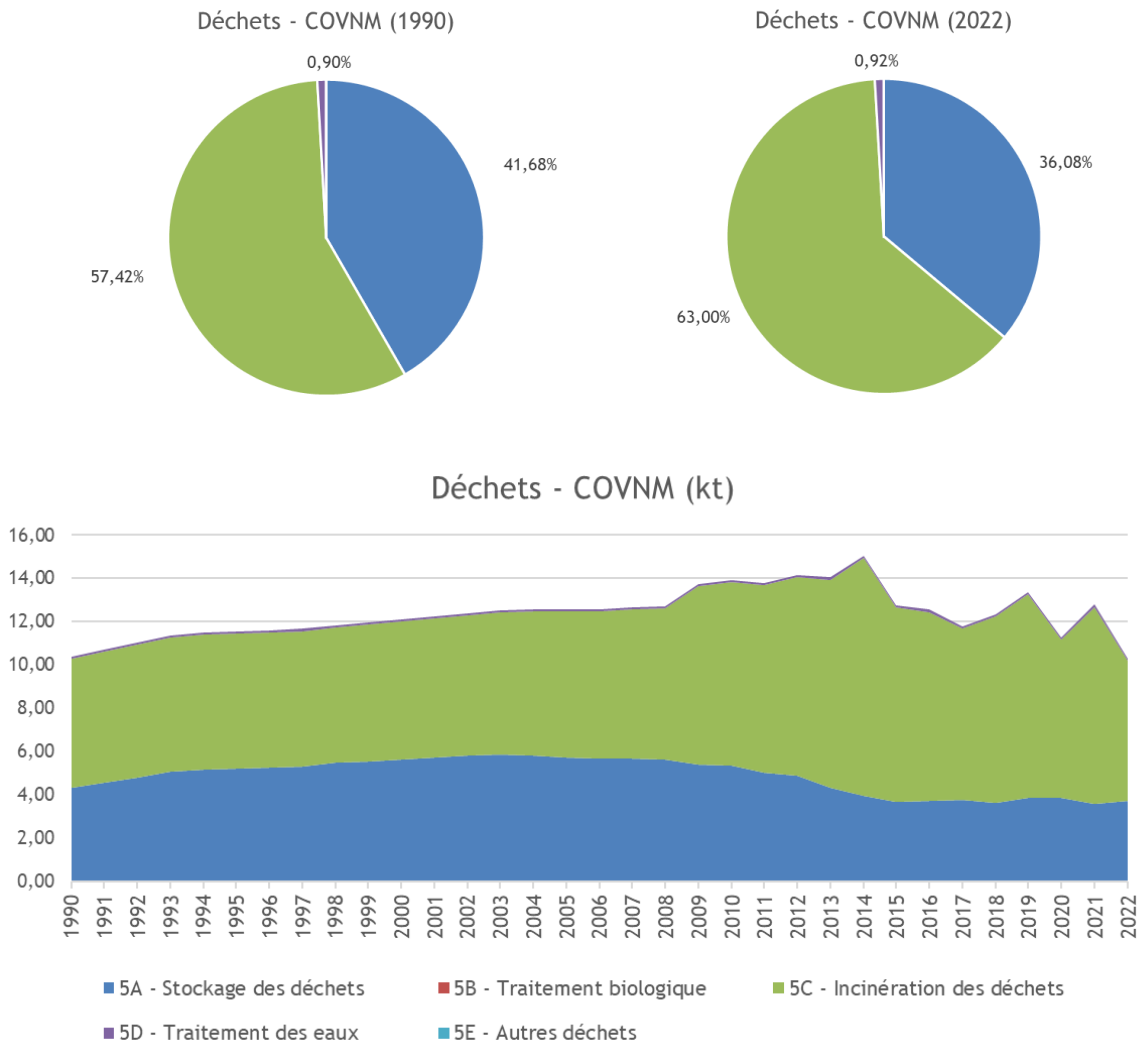


Figure 156 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur déchets (kt)

Les rejets de composés organiques volatils non méthaniques sont principalement associés au stockage des déchets non dangereux (36% en 2022) et à l'incinération (63% en 2022). On note cependant une petite contribution de la filière du traitement des eaux à ces rejets (0,9% en 2022). Dans les décharges, les émissions de COVNM proviennent du biogaz généré lors de la fermentation des déchets.

Sur la période 1990 - 2008, on observe une faible augmentation des rejets de COVNM par le stockage et une diminution par la suite jusqu'en 2015. Cette baisse s'explique notamment par une diminution

de la quantité de déchets stockés. Depuis 2015, on constate une augmentation des rejets de COVNM. Cette dernière est associée à une augmentation estimée du brûlage des déchets verts par les particuliers.

Durant l'année 2020, il y a eu une diminution de 16% des émissions totales de COVNM par le secteur des déchets par rapport à 2019. En 2021 les émissions réaugmentent, +14% par rapport à 2020, pour diminuer à nouveau en 2022, -19% par rapport à 2021.

Emissions de SO<sub>x</sub>

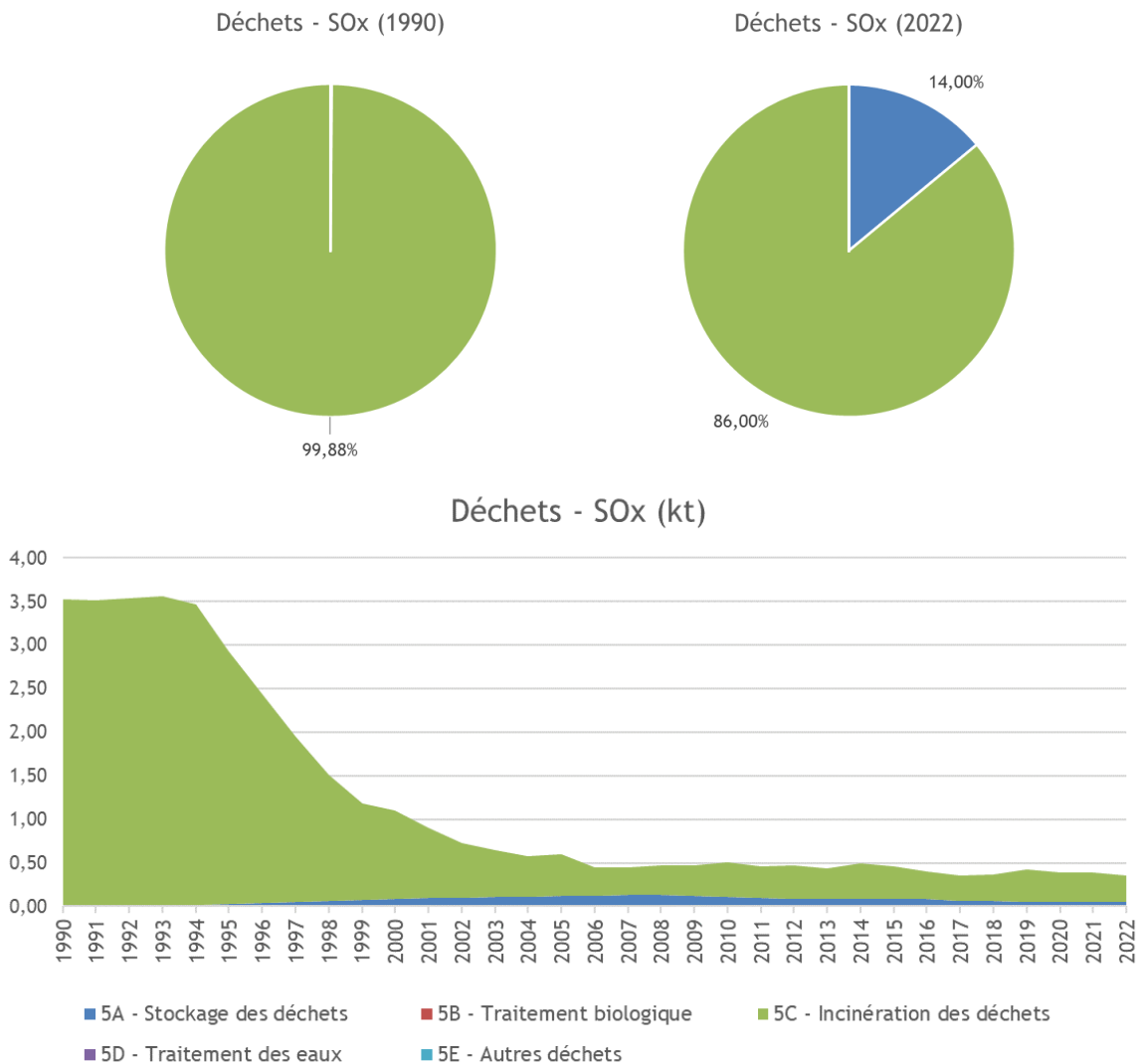


Figure 157 : Evolution et répartition des émissions de SO<sub>x</sub> du secteur déchets (kt)

Les oxydes de soufre sont générés par deux filières du secteur du traitement des déchets : l'incinération et dans une moindre mesure le stockage. Le SO<sub>2</sub> atmosphérique provient essentiellement des processus de combustion et dépend principalement de la teneur en soufre plus ou moins importante des combustibles. Au cours de la combustion, le soufre contenu dans les combustibles (dans ce secteur il s'agit des déchets) est oxydé par l'oxygène de l'air.

On observe une très forte diminution des rejets de SO<sub>x</sub> entre 1990 et 2022 (-90%), et en particulier entre 1993 et 2006. Cette baisse est directement liée à la réduction de la quantité de déchets incinérés dans les incinérateurs sans récupération d'énergie et à la mise en place de technologies de

traitement des fumées suite à la publication de l'arrêté du 20 septembre 2002 (applicable à tous les UIDND depuis le 28 décembre 2005).

Les émissions de SO<sub>x</sub> associées aux décharges sont issues de la combustion du biogaz lors du torchage ou de la valorisation du biogaz produit. En 2022, elles représentent environ 14% des émissions du secteur des déchets contre moins de 1% en 1990.

Emissions de NH<sub>3</sub>

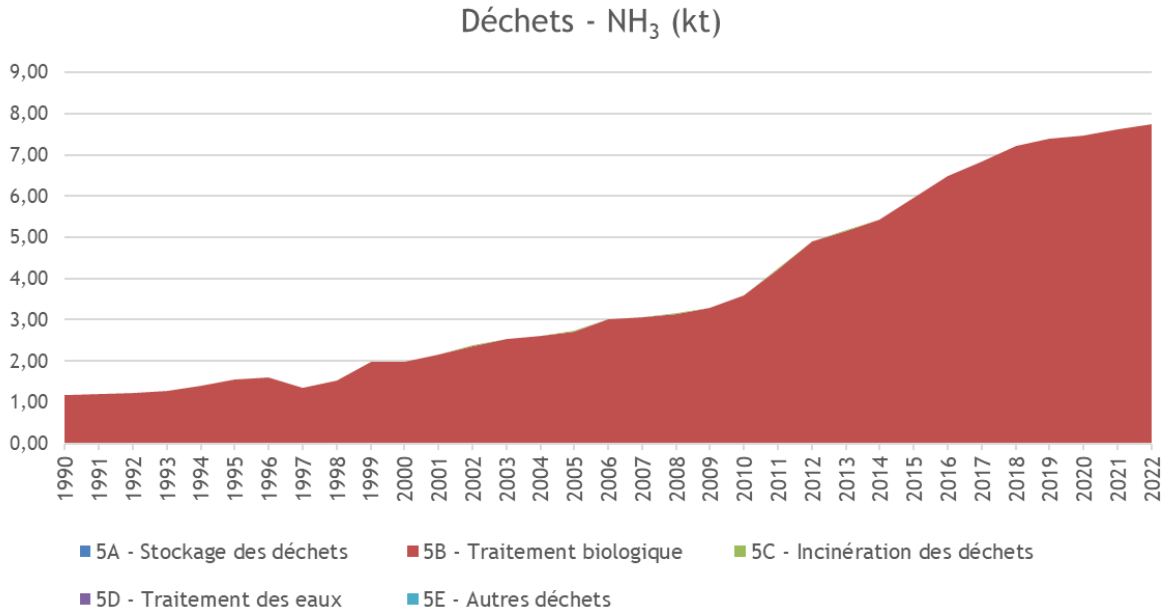
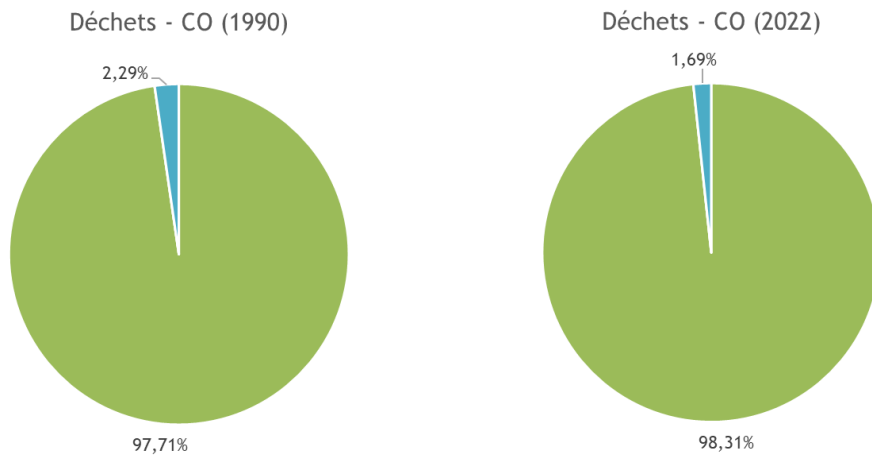


Figure 158 : Evolution des émissions de NH<sub>3</sub> du secteur déchets (kt)

Les émissions d'ammoniac sont très majoritairement le fait des sites de compostage et de méthanisation en second lieu. La hausse des rejets de NH<sub>3</sub> sur la période 1990 - 2022 provient essentiellement de l'augmentation de la quantité de déchets compostés (contribuant à hauteur de 7,75 kt NH<sub>3</sub> en 2022) et dans une moindre mesure des déchets méthanisés (contribuant à hauteur de 0,29 t en 2022).

Emissions de CO



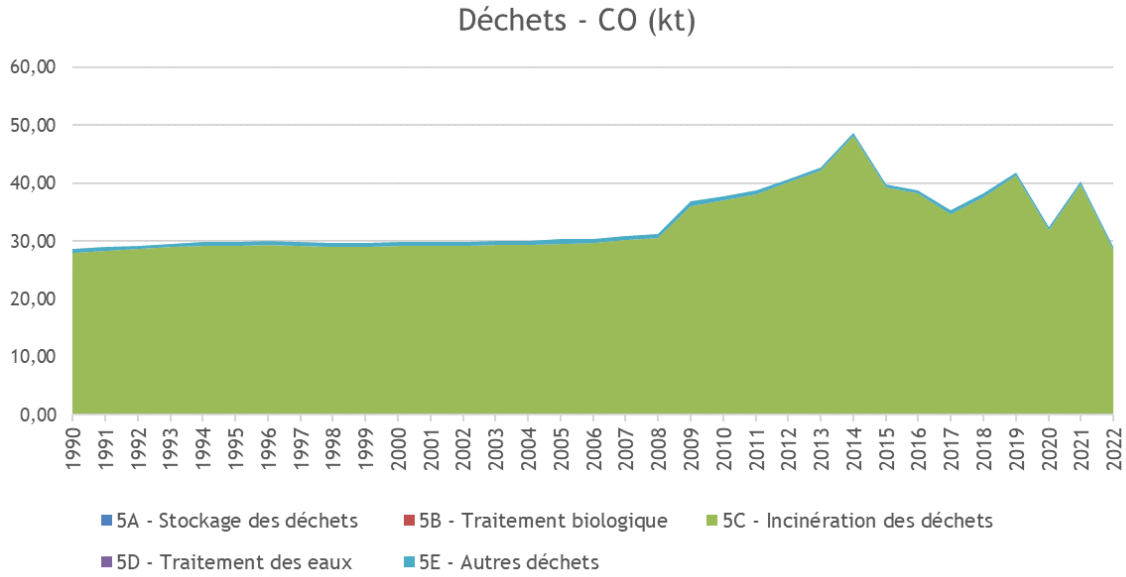
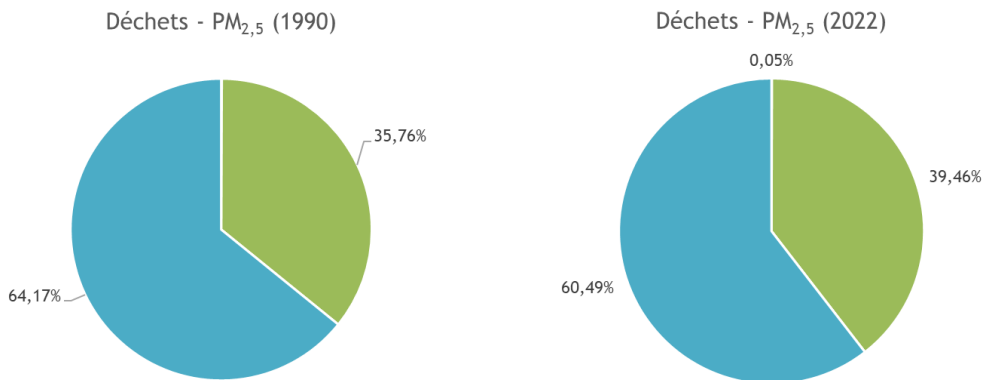


Figure 159 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur déchets (kt)

Le monoxyde de carbone est produit lors de combustions incomplètes, déficitaires en oxygène. Dans des conditions d'apport de dioxygène insuffisant, la combustion est incomplète et génère du CO au détriment du CO<sub>2</sub>. De plus selon l'équilibre de Boudouard, une partie du dioxyde de carbone générée par la combustion est réduite par le carbone solide du combustible et contribue à générer du CO supplémentaire. Ainsi, les filières émettrices de CO sont celles de l'incinération des déchets et des autres déchets. Les émissions de CO sont très majoritairement issues des feux ouverts de déchets verts par les particuliers. Comme pour les NO<sub>x</sub>, les émissions de CO provenant des autres déchets sont issues des feux de véhicules.

#### Emissions de particules



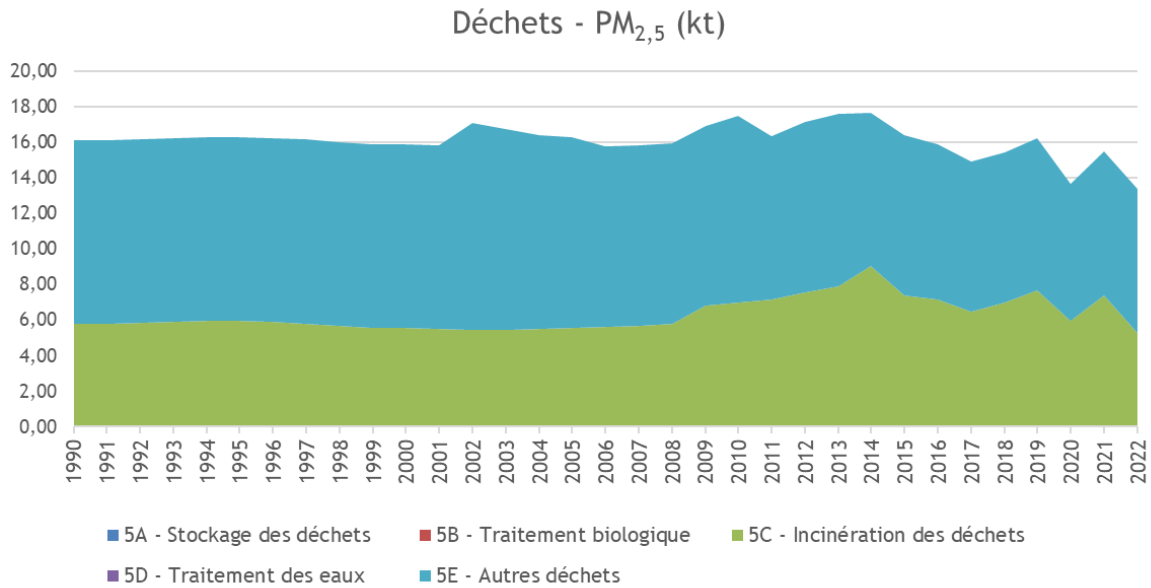
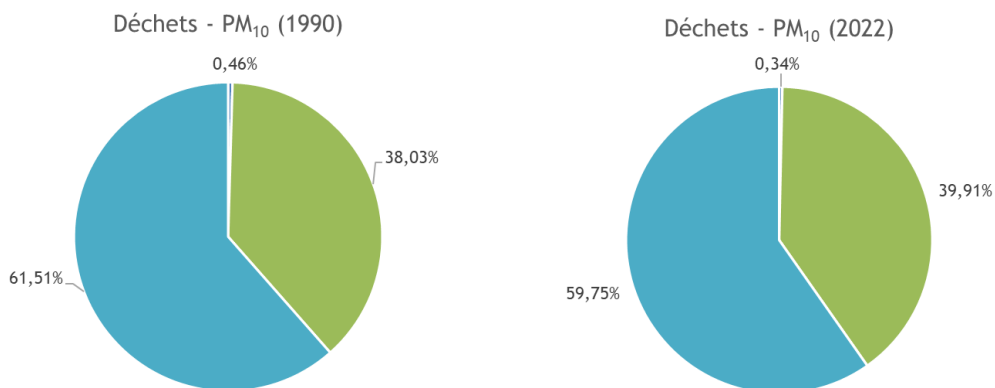


Figure 160 : Evolution et répartition des émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur déchets (kt)

Les rejets de particules fines sont engendrés par trois sous-secteurs dont la contribution est diverse. En premier lieu il y a les « autres déchets », puis il y a l'incinération et enfin dans une bien moindre mesure le stockage en décharges. Les principales sources de PM<sub>2,5</sub> sont le brûlage à l'air libre de déchets verts, les feux de véhicules et les incendies de bâtiments. En France, en 2022, le secteur des déchets représente 8% des émissions des PM<sub>2,5</sub>, avec une répartition de 60% pour les « autres déchets » (5E) et 39% pour l'incinération (5C).

Entre 1990 et 2022, les rejets de la catégorie 5E ont baissé de près de 22%, compte tenu de la baisse des émissions liées aux incendies de bâtiments et de véhicules. En parallèle, les émissions causées par l'incinération des déchets ont baissé du fait de la mise en conformité des incinérateurs concernant le respect des valeurs limites d'émissions (VLE) suite à la publication de l'arrêté du 20 septembre 2002 (applicable à tous les UIDND depuis le 28 décembre 2005). Cependant on note une augmentation des émissions de la catégorie NFR « 5C2 - Feux ouverts de déchets », la cause principale de cette hausse étant l'augmentation estimée de la quantité de déchets verts brûlés par les particuliers. En revanche les émissions totales du secteur restent relativement stables entre 1990 et 2022.



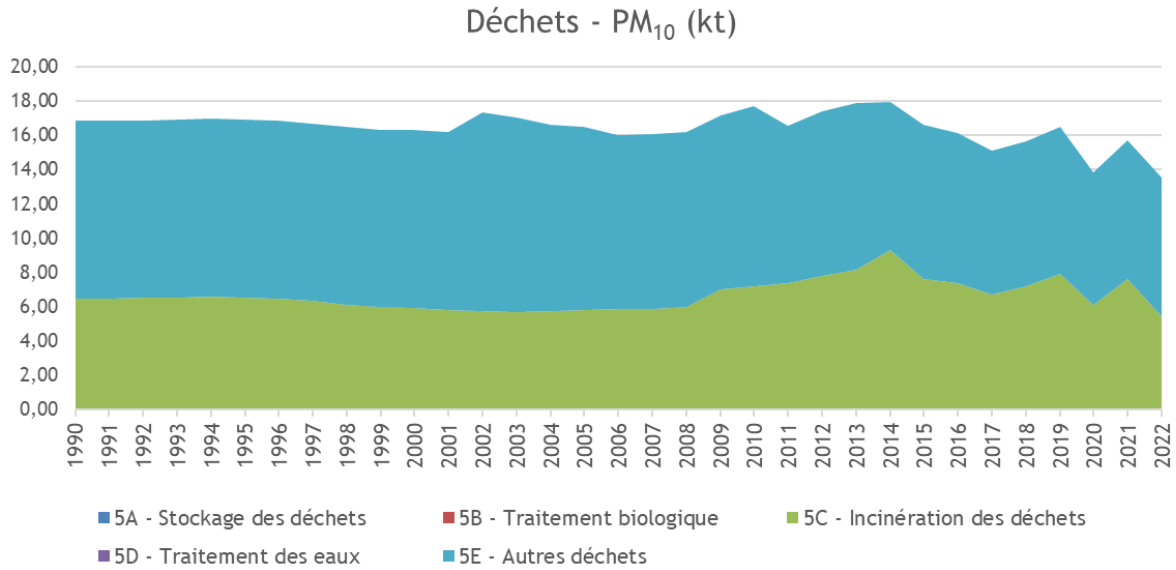


Figure 161 : Evolution et répartition des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur déchets (kt)

On observe une situation très similaire entre les PM<sub>2,5</sub> et les PM<sub>10</sub>. L'incinération des déchets et les feux de véhicules et de bâtiments en sont les principales sources. En France, en 2022, le secteur des déchets représente 5% des émissions des PM<sub>10</sub>, avec une répartition de 60% pour les « autres déchets » (5E) et 40% pour l'incinération (5C).

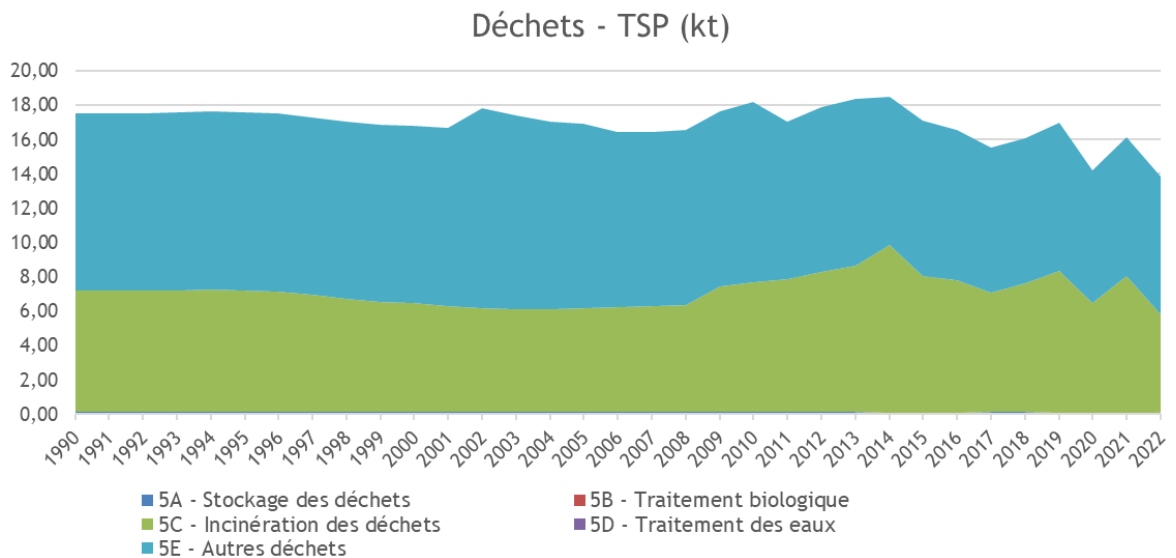
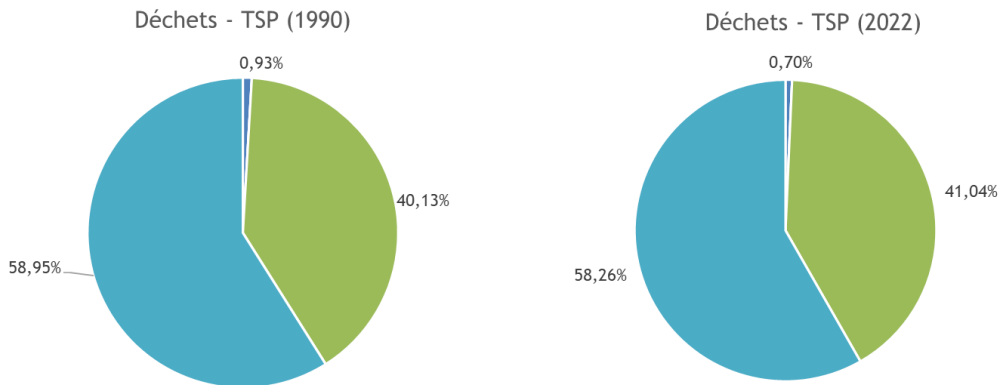


Figure 162 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur déchets (kt)



Les principales sources de ces rejets sont les feux de bâtiments et de véhicules, l'incinération de déchets et la crémation et dans une moindre mesure, le stockage (n 2% du total national en 2022).

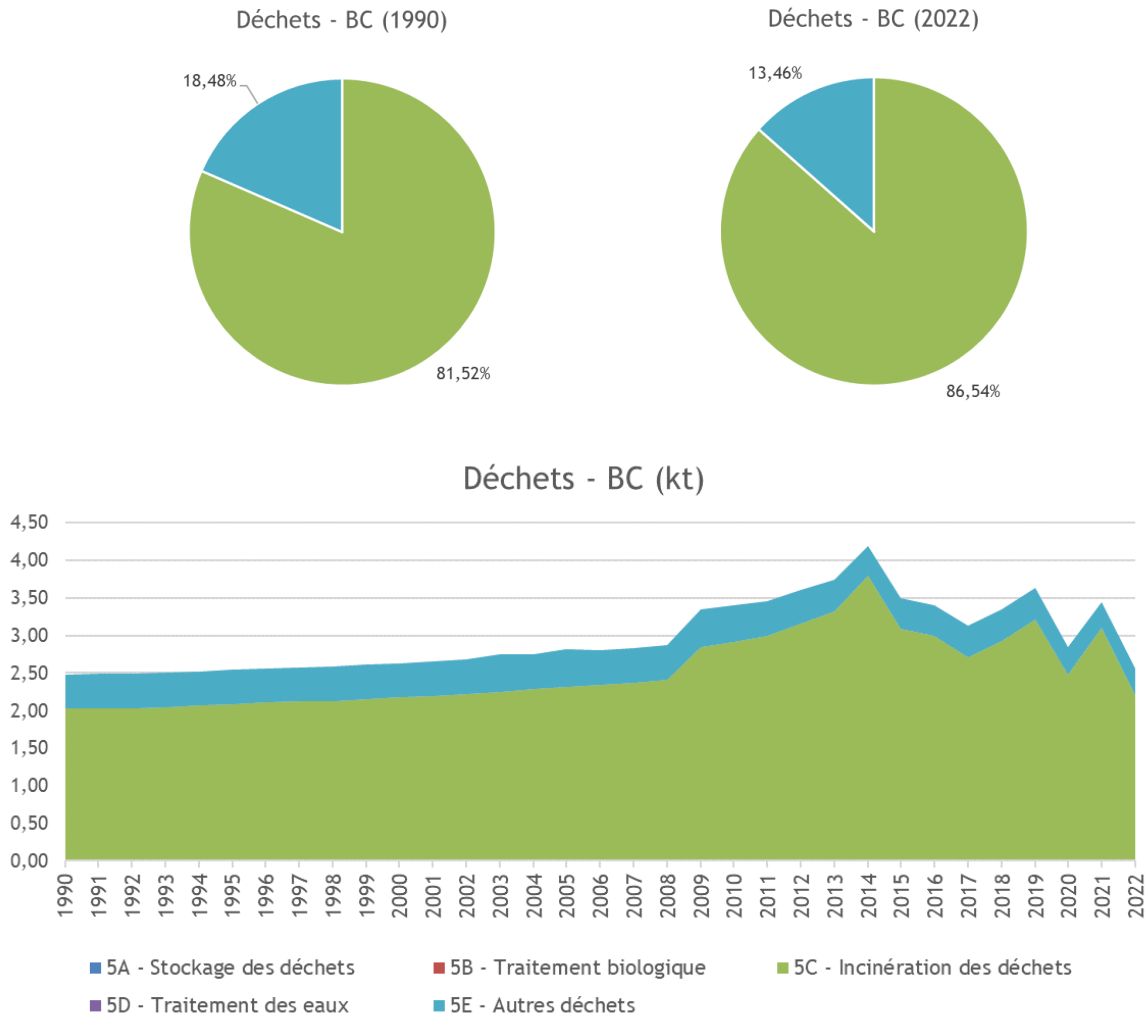


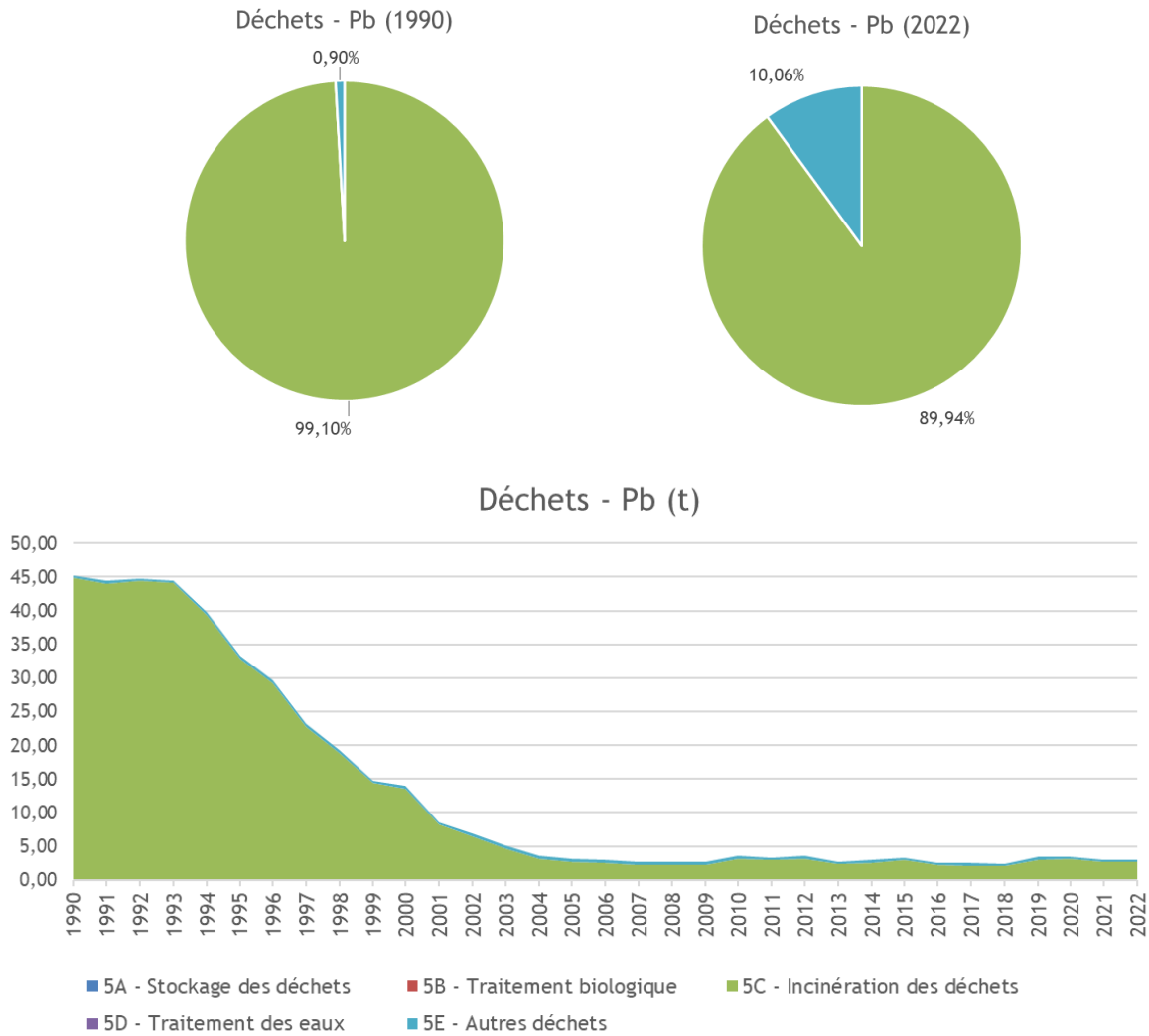
Figure 163 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur déchets (kt)

Le carbone suie (ou « Black Carbon » en anglais, aussi appelé « Elemental Carbon ») provient de la combustion incomplète de combustibles et est classé parmi les forceurs climatiques ; autrement dit, en réchauffant l'atmosphère, le carbone suie participe au changement climatique.

C'est un composé que l'on classe parmi les particules mais à la différence des TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, la principale source de rejets dans le secteur des déchets est l'incinération des déchets (82% en 1990 et 87% en 2022). La filière des autres déchets est le second émetteur de carbone suie (18% en 1990 et 13% en 2022). On observe une hausse des émissions entre 1990 et 2022, principalement liée à l'augmentation estimée de la quantité de déchets verts brûlés par les particuliers.

En France, en 2022, le secteur des déchets représente 9% des émissions du carbone suie, avec une répartition de 13% pour les « autres déchets » (5E) et 87% pour l'incinération (5C).

**Emissions de Pb**



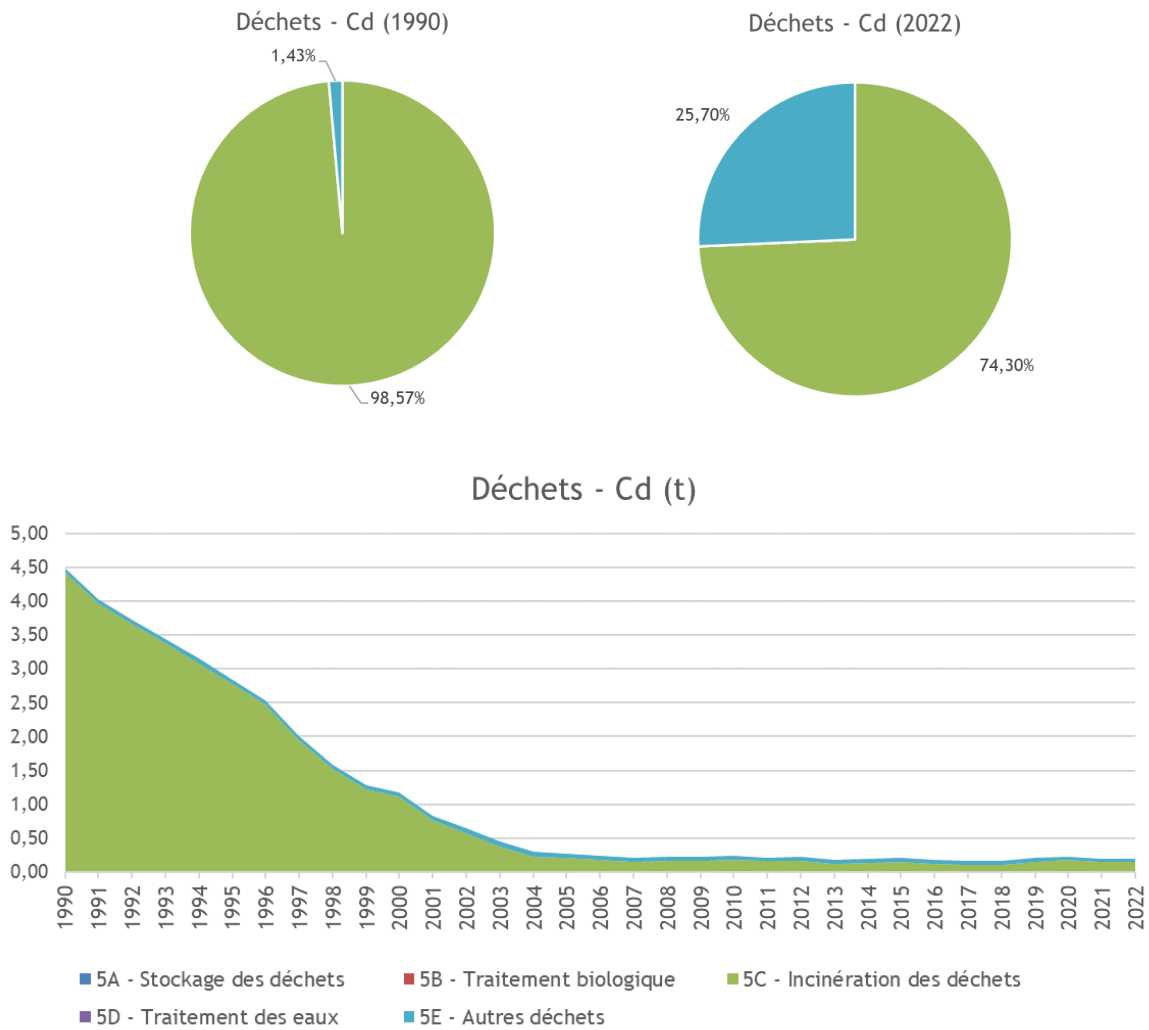
**Figure 164 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur déchets (t)**

L'évolution temporelle des émissions de plomb est très similaire à celle des oxydes de soufre décrite plus haut. Les principales sources sont l'incinération de déchets dangereux et non dangereux, la crémation des corps et le traitement des autres déchets, comprenant les feux de bâtiments et de véhicules. En France, en 2022, le secteur des déchets représente 3% des émissions du plomb.

On constate une très forte diminution des rejets entre 1990 et 2022 (-93%), et en particulier entre 1993 et 2006. Cette baisse est liée à la réduction de la quantité de déchets incinérés et surtout à la mise en conformité des sites relative aux arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002. Compte tenu de ceci et de la relative stabilité des émissions associées aux autres déchets, on estime que la part des émissions allouées à l'incinération passe de 99% en 1990 à 90% en 2022.

Enfin, on peut souligner que les émissions allouées aux autres déchets (5E) est un peu plus élevée en 2019 que les années adjacentes (0,51 t en 2019 contre 0,37 t en 2018 et 0,32 t en 2020) du fait de l'incendie de la cathédrale Notre Dame intervenu en avril 2019.

**Emissions de Cd**

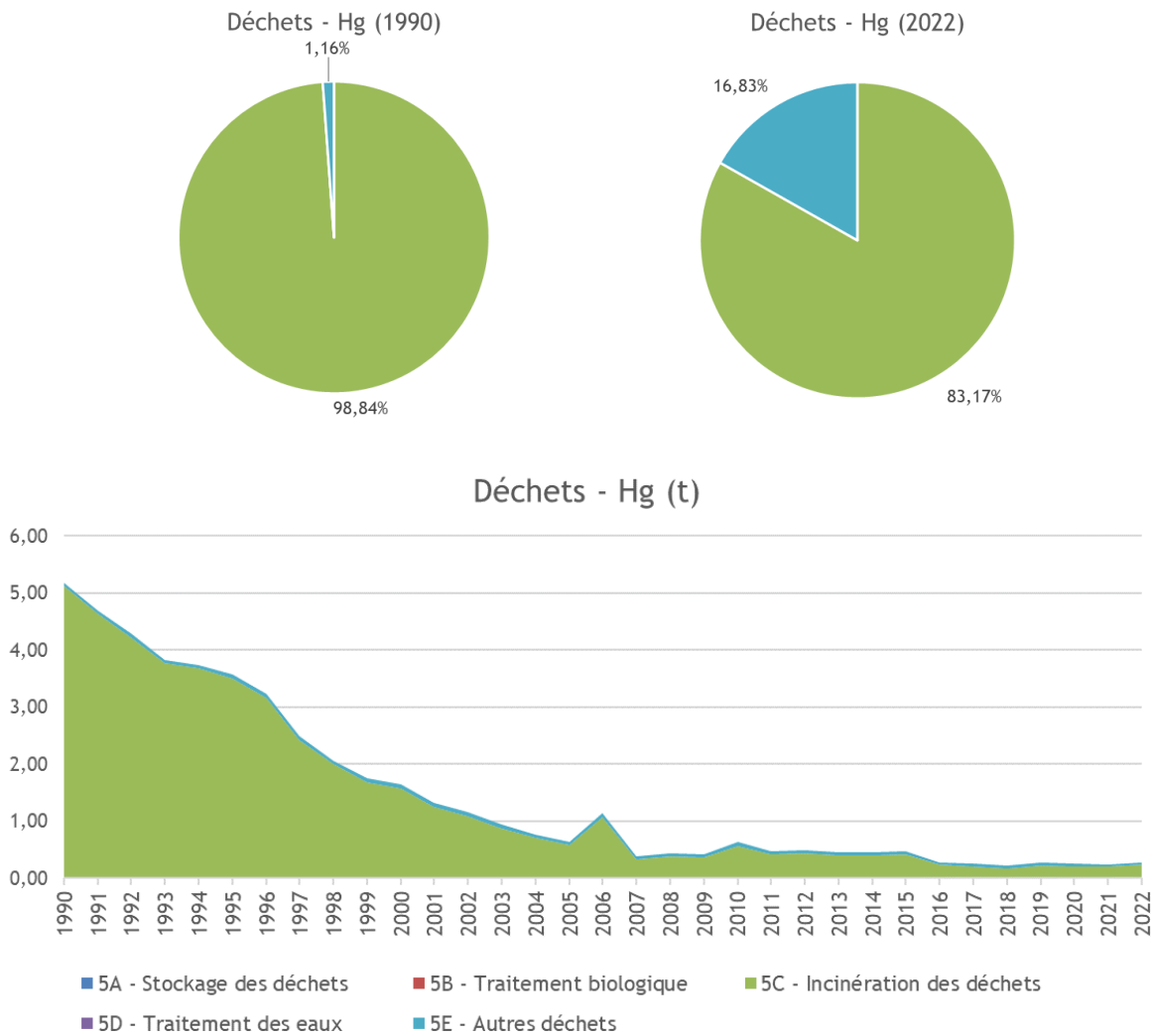


**Figure 165 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur déchets (t)**

Les émissions de cadmium ont subi une forte baisse jusqu'au milieu des années 2000. Comme pour le plomb, le principal secteur contributeur est l'incinération. Cette baisse est directement liée à la réduction de la quantité de déchets incinérés et à la généralisation de l'utilisation de technologies de traitement des fumées. Les émissions associées aux autres déchets sont relativement stables sur la période 1990 - 2022 : 0,06 t en 1990 contre 0,05 t en 2022.

En France, en 2022, le secteur des déchets contribue à hauteur de 7% aux émissions totales de Cd.

**Emissions de Hg**



**Figure 166 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur déchets (t)**

Sur les années récentes, les émissions de mercure du secteur des déchets sont essentiellement liées à l’incinération des déchets dangereux (5C), à la casse de lampes fluorescentes usagées enfouies en installations de stockage (5E) et la crémation des corps (5C).

En France, en 2022, le secteur des déchets contribue à hauteur de 11% aux émissions totales de Hg.

Au sein du secteur 5C, les émissions de Hg viennent majoritairement des déchets dangereux (hospitaliers et industriels) et des déchets ménagers. Concernant la crémation des corps, les émissions de mercure sont liées à la présence de ce composé dans les amalgames dentaires. Les émissions augmentent depuis 1990 du fait du nombre croissant de corps incinérés. Du fait de l’augmentation probable du nombre de corps incinérés, les émissions à venir devraient continuer à augmenter.

Cependant, l’arrêté du 28 janvier 2010 relatif à la hauteur de cheminée des crématoriums et à la quantité maximale de polluants contenus dans les gaz rejetés à l’atmosphère, qui définit une concentration maximum de mercure dans les fumées à respecter au plus tard en 2018, a engendré une baisse des rejets depuis 2014.

De plus, la réglementation européenne (Règlement (UE) 2017/852 du Parlement Européen et du Conseil du 17 mai 2017) et nationale (Décret n°2017-1345 du 18 septembre 2017 portant publication de la convention de Minamata sur le mercure) semble évoluer vers une limitation importante de

l'utilisation d'amalgames dentaires contenant du Hg. Par conséquent, une diminution des rejets de Hg associés à la crémation devrait s'observer à long terme.

On peut également noter une hausse des rejets de Hg en 2006 de la catégorie NFR 5C, associée à une forte augmentation des rejets d'un site d'incinération des déchets industriels.

Les lampes fluorescentes, regroupant, entre autres, les tubes dits « néons », apparus dans les années 50, et les lampes compactes dites « LFC », apparues dans les années 80, contiennent du mercure en quantité variable en fonction du type et de l'année de mise sur le marché. Sur les années récentes, l'augmentation des émissions liées à leur casse est liée à l'augmentation du nombre de lampes arrivant en fin de vie. L'évolution à la baisse observée sur l'historique est liée à la baisse de quantité de mercure dans les lampes du fait de la réglementation. Du fait de la durée de vie de ces lampes, les émissions à venir dépendent essentiellement de l'évolution historique des ventes (pics observés en 2006 pour les tubes et 2010 pour les LFC) et de l'évolution du nombre de lampes collectées et recyclées (en constante augmentation depuis sa création de la filière en 2006).

Emissions de PCDD-F

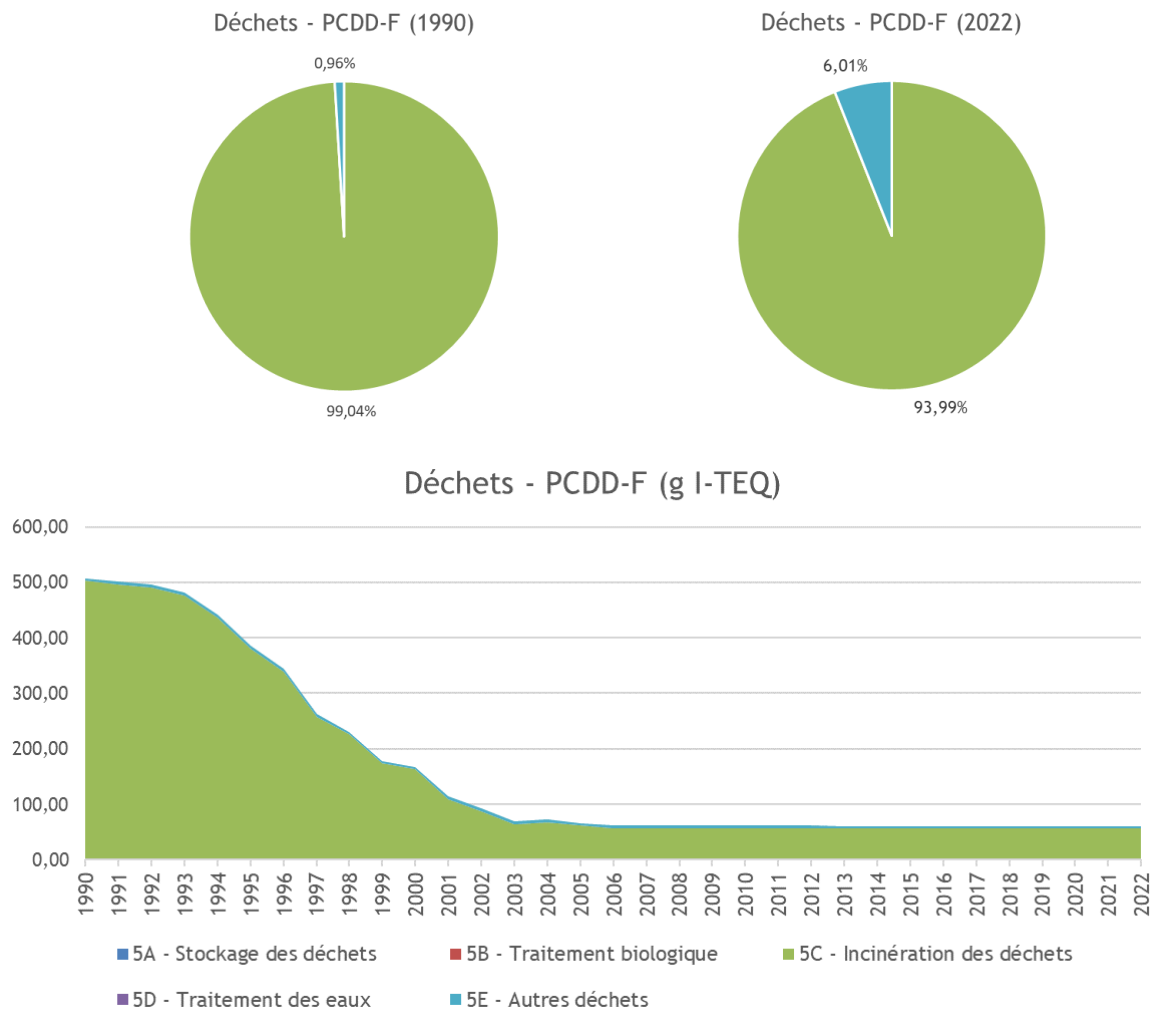


Figure 167 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur déchets (g I-TEQ)

Les phénomènes complexes conduisant à la formation de dioxines et furannes se produisent dans des conditions particulières de combustion pouvant être rencontrées dans tous les secteurs, mais plus particulièrement au cours de l'incinération des déchets (5C).

En France, en 2022, le secteur des déchets contribue à hauteur de 50% aux émissions totales de PCDD-F.

Dans ces incinérateurs de déchets non dangereux, avec ou sans récupération d'énergie, des techniques de réduction ont été mises en œuvre pour respecter les valeurs limites en PCDD-F définies dans les arrêtés du 25 janvier 1991 et du 20 septembre 2002 (directive européenne 2000/76/CE) relatifs aux déchets non dangereux (ordures ménagères, boues de traitement des eaux, etc.). Elles ont permis, notamment, une réduction significative des émissions entre 1990 et 2003.

De plus, depuis le début des années 2000, on considère que la principale source de rejets de PCDD-F est le brûlage illégal de câbles électriques permettant d'en revendre le cuivre. Ces émissions sont comptabilisées en 5C. Ainsi, compte tenu de la réduction importante des rejets des incinérateurs, on estime qu'en 1990, 99% des rejets nationaux de PCDD-F associés au secteur des déchets proviennent du brûlage de câbles tandis qu'en 2022, celui-ci représente « seulement » 94%.

Enfin, les incendies de véhicules représentent une part fortement évolutive des rejets de PCDD-F du secteur des déchets. En effet, en 1990 ceux-ci représentaient moins de 1% des émissions du secteur contre 7,2% en 2021 mais la quantité émise de PCDD-F reste assez stable : 4,89 g-ITEQ en 1990 et 3,66 g-ITEQ en 2022.

Emissions de HAPs

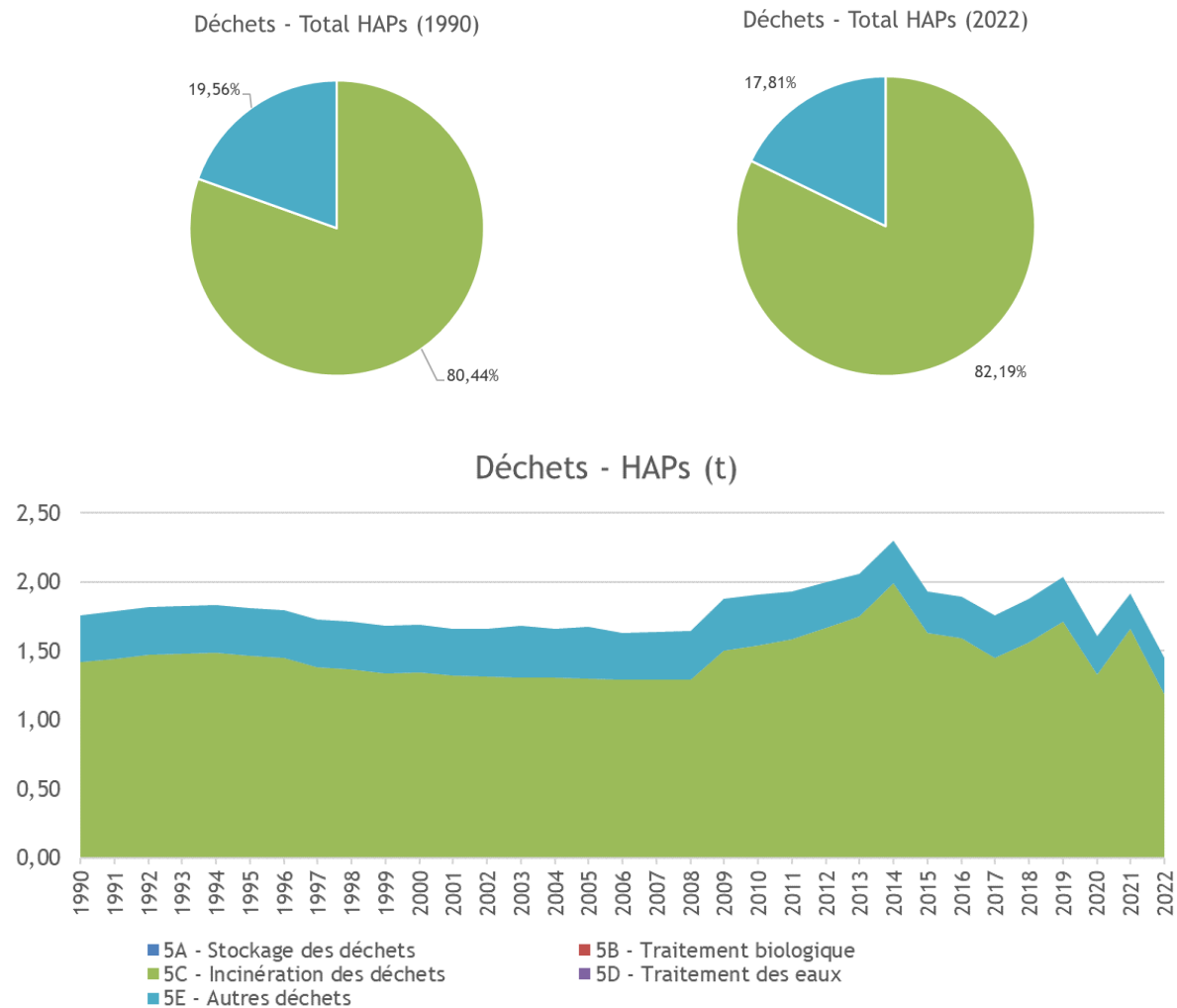


Figure 168 : Evolution et répartition des émissions de HAPs du secteur déchets (t)

Le secteur des déchets est un faible contributeur aux émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques en France et ne représente que 4% des émissions totales en 2022.

Comme pour beaucoup de substances, l'incinération de déchets, la crémation et les feux ouverts représentent les principales sources d'émissions polluantes. De la même façon que pour les émissions de PCDD-F et de métaux lourds, une distinction est faite entre les incinérateurs conformes et les non conformes ainsi qu'entre les incinérateurs dont la capacité est inférieure ou supérieure à 6 t/h (Valeurs Limites d'Emissions - VLE différentes). Depuis 2002, on considère que tous les déchets incinérés le sont dans installations supérieures à 6 t/h, présentant des VLE plus strictes.

### Emissions de HCB

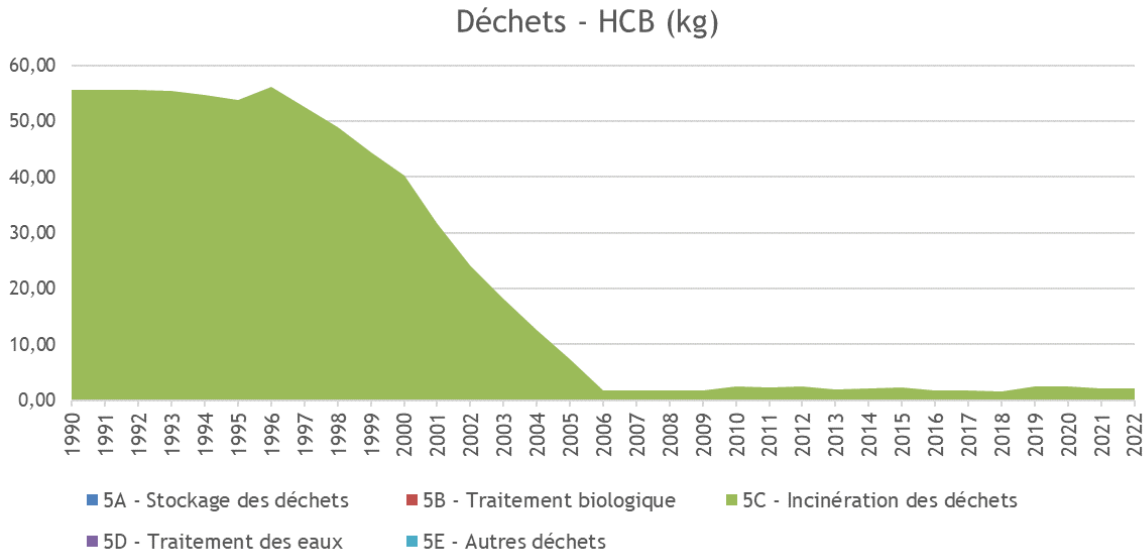
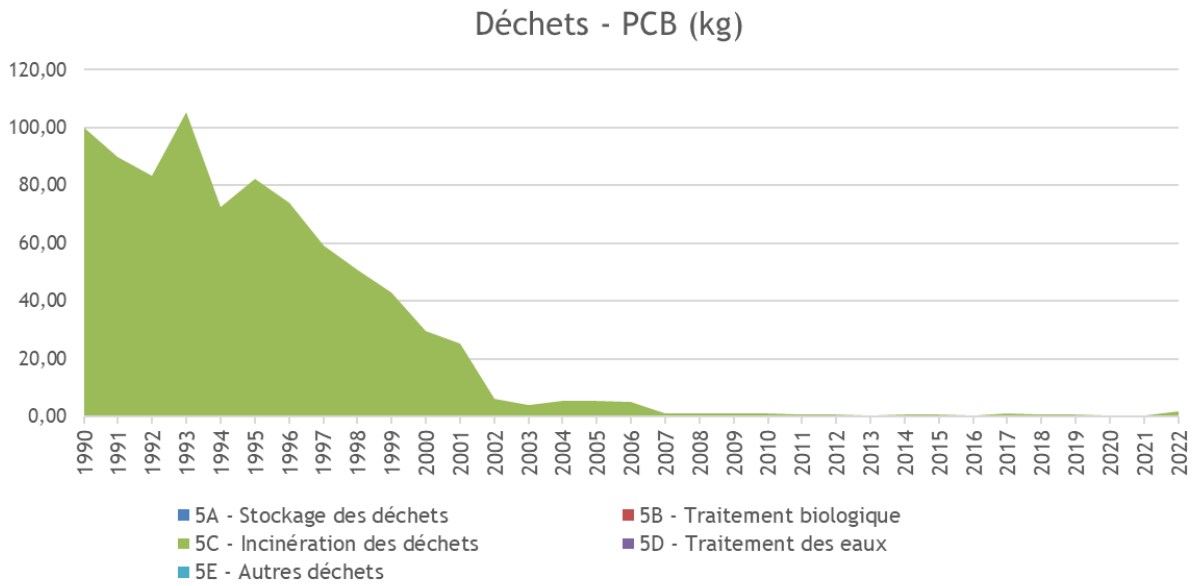


Figure 169 : Evolution des émissions de HCB du secteur déchets (kg)

Les émissions de HCB (hexachlorobenzène) du secteur Déchets sont liées à l'incinération (5C). Le secteur des déchets contribue de façon importante en 2022 avec 27% des émissions totales nationales, émissions liées en particulier à l'incinération des boues de stations d'épuration des eaux usées, et est à ce titre le 2ème contributeur national. La très forte décroissance observée entre 1997 et 2006 (de plus de 96%) est liée à l'effet combiné des progrès réalisés par les incinérateurs de déchets dangereux et non dangereux sans récupération d'énergie en termes de traitement des fumées (mise en conformité progressive), mais également à la part croissante de l'incinération de déchets non dangereux avec récupération d'énergie (émissions rapportées alors en Energie).

**Emissions de PCB**

**Figure 170 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur déchets (kg)**

Les émissions de PCB du secteur Déchets sont liées à l'incinération (5C). Comme pour les HCB, la très forte décroissance observée sur le début de la série temporelle (-99% entre 1990 et 2007) est liée à l'effet combiné des progrès réalisés par les incinérateurs de déchets dangereux et non dangereux sans récupération d'énergie en termes de traitement des fumées (mise en conformité progressive), mais également à la part croissante de l'incinération de déchets non dangereux avec récupération d'énergie (émissions rapportées alors en Energie).

## 6.1 Stockage des déchets (5A)

### 6.1 Waste disposal on land

#### 6.1.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 6.1.1 Main features

Le secteur 5A n'est pas catégorie clé en niveau en 2022. Le secteur 5A n'est pas catégorie clé en évolution.

Les Installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) sont utilisées pour le stockage des déchets non dangereux (déchets ménagers, déchets industriels banals, boues d'épuration, etc.). En métropole et dans les territoires d'outre-mer inclus dans l'UE, les ISDND sont de type géré compacté et géré non compacté. Dans les territoires d'outre-mer non inclus dans l'UE, des sites de stockage non gérés sont également considérés.

Au début des années 90, la France (métropole et territoires d'outre-mer inclus dans l'UE) comptait près de 500 ISDND de plus de 3 000 tonnes/an en exploitation, dont environ 315 de type compacté (recevant plus de 80% des déchets stockés) [516]. L'ADEME comptabilisait en 2020, 187 installations en exploitation, toutes de type compacté [32].

Les sites de stockage gérés non-compactés ont peu à peu été fermés au profit des ISDND anaérobies, cependant les sites fermés continuent à émettre du fait de la cinétique de la réaction de dégradation de la matière organique.



## 6.1.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 6.1.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/omine/>.

#### Quantités traitées :

Les données sur les quantités de déchets non dangereux stockés sont essentiellement disponibles au travers d'enquêtes bisannuelles menées par l'ADEME auprès des ISDND (dites ITOM [32]). La dernière édition de cette enquête a été publiée en 2022 et traite des déchets ménagers traités en 2020. Cette enquête et les données associées concernent l'ensemble des périmètres métropolitain et ultramarins.

Ces données permettent de remonter à 1960 sur la base d'estimations effectuées par l'ADEME et de distinguer les quantités stockées en métropole des quantités stockées dans les territoires inclus dans l'UE. Les quantités sont rétro-polées jusqu'à 1950 pour un usage dans l'IPCC 2019 Waste Tool.

Tous les sites de stockage en service recevant des déchets municipaux sont enquêtés dans l'enquête. Mais les données collectées concernent tous les déchets stockés quelle que soit leur origine (déchets ménagers ou industriels), leur nature (y compris les encombrants, les boues etc.) et leur type (dangereux, non dangereux).

La répartition des quantités stockées annuellement par type d'installation de stockage est issue de données historiques de l'ADEME.

#### Estimation des émissions :

Les émissions de polluants sur les ISDND sont liées, d'une part, à la dégradation des déchets (COVNM) et, d'autre part, à la combustion du biogaz capté (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, etc.).

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> issues de la combustion du biogaz sont considérées comme proportionnelles à la teneur en soufre du biogaz, aussi bien pour le torchage que pour la valorisation énergétique. La teneur en soufre retenue, de 200 ppmv, est issue d'une campagne de mesures pour la caractérisation du biogaz menée par l'INERIS [513].

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>**

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont déterminées sur la base des quantités de CH<sub>4</sub> détruites par combustion (torchage ou valorisation énergétique) et d'un FE moyen qui intègre le type d'équipement de combustion présent sur les sites (torchères, chaudières/TAG, TAC, moteurs). Les facteurs d'émission par type d'équipement sont issus de l'US-EPA [514]. Le facteur d'émission déduit est de 0,82 g/m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>.

#### **Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM sont considérées comme proportionnelles aux émissions de méthane et sont calculées en considérant qu'elles sont égales à 1% des émissions de CH<sub>4</sub> [42]. Elles sont donc variables au cours du temps et dépendent des caractéristiques du site de stockage.

En rapportant les émissions de COVNM à la quantité de déchets stockés, on obtient le FE ci-dessous :

FE <sub>COVNM</sub> (g/Mg)	1990	2000	2010	2020
Stockage en sites compactés des déchets	199,88	185,96	255,61	218,26
Stockage en sites non compactés des déchets	271,51	6 078, 71	/	/

### **Emissions de CO**

Les émissions issues de la combustion du biogaz ne sont pas estimées.

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions sont négligeables.

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les facteurs d'émission des TSP associés à la manipulation des déchets minéraux sont tirés du guide EMEP/EEA 2023, Tier 1 [1071], soit 0,463 g/Mg.

La quantité totale de déchets minéraux manipulés chaque année, renseignée dans les bilans bi annuel de production des déchets en France, est donnée ci-dessous :

Gg	1990	2000	2010	2020
Quantité totale déchets minéraux manipulés	350 654	350 654	248 300	208 615

Cette activité n'est considérée que pour le territoire métropolitain et aucune émission associée à la manutention des déchets minéraux n'est allouée aux territoires ultra marins.

Le brûlage des déchets sur site, qui n'est, en principe, plus pratiqué aujourd'hui, est une source de particules, qui, faute d'informations sur la nature de cette ancienne activité, n'est pas comptabilisée. De même, les brûlages accidentels pouvant survenir ne sont pas pris en compte.

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

Comme pour les TSP, les facteurs d'émission des PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> associés à la manipulation des déchets minéraux sont tirés du guide EMEP/EEA 2023, Tier 1 [1071], soit respectivement 0,219 g/Mg et 0,033 g/Mg. Faute d'information, le facteur d'émission des PM<sub>1,0</sub> est considéré égal à celui des PM<sub>2,5</sub>.

L'inclusion de la fraction condensable des poussières n'est pas précisée dans la littérature.

Cette activité n'est considérée que pour le territoire métropolitain et aucune émission associée à la manutention des déchets minéraux n'est allouée aux territoires ultra marins.

### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

**6.1.3 Incertitudes****6.1.3 Uncertainties**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

**6.1.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)****6.1.4 QA/QC**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

**6.1.5 Recalculs****6.1.6 Recalculations**

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

**Tableau 157 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5A**

<b>5A - Waste disposal</b>	
Données d'activité	Poursuite d'une enquête sur la quantité de biogaz torché et valorisé sur la période 2011-2021. Modification à la marge des quantités torchées et valorisées sur cette période. Mise à jour de la quantité de déchets minéraux manipulés sur les sites pour les années 2019 et 2020 à la suite de la publication de nouvelles données.
COD	/
NOx	Correction dans l'outil IPCC du DOC relatif aux déchets industriels. Lors de la précédente mise à jour (au passage de l'outil IPCC 2006 à 2019), celui-ci avait été conservé par défaut et non 'country specific' comme utilisé dans la précédente version de l'outil. Cette correction impacte toute la série temporelle. La prise en compte du nouvel outil GIEC impacte les émissions de COVNM (puisque elles sont considérées proportionnelles aux émissions de CH <sub>4</sub> ). On observe une baisse des émissions sur toute la série. La mise à jour des quantités torchées entre 2011 et 2021 a induit une baisse des émissions de NOx et de SOx associées au torchage sur toute la période. La mise à jour des quantités valorisées entre 2011 et 2021 a induit une hausse des émissions de NOx et de SOx associées à la valorisation sur la période.
SOx	
COVNM	
TSP	La mise à jour des quantités de déchets minéraux manipulés sur les sites pour les années 2019 et 2020 a induit une baisse des émissions.

**6.1.6 Améliorations envisagées****6.1.7 Expected improvements**

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

L'amélioration de la prise en compte des quantités de biogaz valorisé et/ou torché a été initiée en 2022 et poursuivie en 2023. Il est prévu de continuer de dialoguer avec les sites de stockage afin de continuer de consolider les résultats.

## 6.2 Traitement biologique (5B)

### 6.2 Waste-water handling

#### 6.2.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 6.2.1 Main features

Le secteur 5B n'est pas catégorie clé en niveau en 2022. Le secteur 5B n'est pas catégorie clé en évolution pour le NH<sub>3</sub> en 2022.

##### 6.2.1.1. Compostage (NFR 5B1)

###### 6.2.1.1 Compost

Le compostage consiste en un traitement biologique de matières organiques fermentescibles en milieu aérobie (en présence d'oxygène). La matière organique brute est décomposée et mise en tas (cette décomposition peut être naturelle ou contrôlée). Ensuite, les micro-organismes entament le processus de décomposition qui peut être divisé en deux phases : la phase active et la phase de durcissement.

Pendant la phase active, la température augmente rapidement en raison du métabolisme des micro-organismes. Cette augmentation hygiénise le matériau en tuant les pathogènes, les graines de mauvaises herbes et en décomposant les composés phytotoxiques. La phase active dure plusieurs semaines.

Une fois que toutes les matières facilement dégradables ou digestibles ont été consommées, l'activité des thermophiles diminue et la phase de maturation commence. La décomposition des matières organiques se poursuit en substances humiques. Il n'y a pas de temps clairement défini pour la maturation (cela dépend de la matière première, de la méthode de compostage et de la gestion).

Le compostage est terminé lorsque les matières premières ne se décomposent plus activement et sont biologiquement et chimiquement stables.

Les principaux déchets traités par compostage sont les **déchets verts** (tontes de pelouses, feuilles, etc.) parfois en mélange avec des **boues d'épuration** urbaines ou industrielles, les **déchets agro-alimentaires**, **déchets de cuisine**, **effluents d'élevage** (fientes, fumiers...), ainsi que la fraction fermentescible des **déchets ménagers**.

Le compostage de déchets ménagers peut être pratiqué à l'échelle industrielle (compostage industriel) ou des ménages (compostage domestique). A l'échelle industrielle, la fraction organique des déchets ménagers peut être mélangée à des déchets verts (de parcs et jardins), de déchets organiques industriels (ex : industrie agroalimentaire), de boues d'épuration (en fonction des réglementations). Le compostage domestique se fait essentiellement sur la fraction organique des déchets ménagers (déchets de cuisines), mélangés à des déchets verts (tontes de pelouses, feuilles).

Le compostage permet de produire un compost pouvant servir d'amendement organique ou de matière fertilisante.

##### 6.2.1.2. Méthanisation (NFR 5B2)

###### 6.2.1.2 Biogas production

La méthanisation consiste en un traitement de matières organiques en milieu anaérobie (en l'absence d'oxygène). Tous les déchets organiques peuvent être traités par méthanisation, à l'exception des déchets ligneux (déchets de bois). Les principaux déchets traités sont les **effluents industriels** et les **boues d'épuration** urbaines ou industrielles, la fraction fermentescible des **déchets ménagers**, les déchets agricoles et les **effluents d'élevage**.

La méthanisation de matières organiques permet de produire du biogaz (55 à 60% de CH<sub>4</sub>) et du digestat (comportant une fraction solide et une fraction liquide) pouvant servir de matière fertilisante ou d'amendement.

## 6.2.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 6.2.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

#### Données d'activité

Les quantités de déchets traités par compostage et méthanisation en métropole et dans les territoires inclus dans l'UE sont disponibles dans les enquêtes bisannuelles ITOM de l'ADEME [32]. Les valeurs des années non disponibles sont interpolées.

Les quantités entrantes correspondent à plusieurs catégories de déchets :

- déchets verts et organiques,
- ordures ménagères en mélange,
- biodéchets,
- boues et autres.

Une partie des flux entrants dans les installations de traitement biologique est susceptible d'être refusée et n'est pas intégrée aux quantités traitées.

Catégorie	1990	2000	2010	2020
Unité	Gg	Gg	Gg	Gg
Compostage industriel (Métropole)	1 462	3 666	5 589	8 782
Compostage domestique	1 670	1 893	2 355	3 319

Catégorie	1990	2000	2010	2020
Unité	Gg	Gg	Gg	Gg
Déchets méthanisés (Métropole)	33	90	254	919

L'estimation des quantités d'effluents d'élevage traitées par méthanisation est présentée en section « 3B Manure Management ».

#### 6.2.2.1. Compostage (NFR 5B1)

#### 6.2.2.1 Compost

##### *Emissions de NH<sub>3</sub>*

Le facteur d'émission moyen (toutes catégories de déchets confondues) évolue chaque année du fait des quantités respectives de chaque catégorie de déchets entrants en centre de compostage [237].

Pour le compostage industriel, les facteurs d'émissions du NH<sub>3</sub> par type de déchets sont déterminées sur la base d'une étude de l'ADEME relative à l' « Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets ».

Catégorie	Déchets verts	OM mélange	Biodéchets	Boues et autres
Unité	kg N-NH <sub>3</sub> / t MS	kg N-NH <sub>3</sub> / t MS	kg N-NH <sub>3</sub> / t MS	kg N-NH <sub>3</sub> / t MS
	0,20	1,00	5,00	5,00

La conversion en kg de NH<sub>3</sub>/t MS est calculée sur la base des masses molaires de l'azote et de l'ammoniac : 17/14. Ainsi on obtient les facteurs d'émission suivants :

Catégorie	Déchets verts	OM mélange	Biodéchets	Boues et autres
Unité	g NH <sub>3</sub> / t MS	g NH <sub>3</sub> / t MS	g NH <sub>3</sub> / t MS	g NH <sub>3</sub> / t MS
FE	0,24	1,21	6,07	6,07

Ces facteurs sont rapportés par quantité de matière sèche tandis que les données d'activités sont connues en masse humide. Par conséquent, les FE sont convertis sur la base des taux d'humidité suivants :

Catégorie	Déchets verts	Ordures ménagères	Biodéchets	Boues et autres
Unité	%	%	%	%
Taux d'humidité	60,0	36,9	63,3	70,0

Finalement, les FE utilisés pour l'émissions de NH<sub>3</sub> lors du compostage industriel sont les suivants :

Catégorie	Déchets verts	OM mélange	Biodéchets	Boues et autres
Unité	g NH <sub>3</sub> / t	g NH <sub>3</sub> / t	g NH <sub>3</sub> / t	g NH <sub>3</sub> / t
FE	97,14	766,21	2 228,21	1 821,43

Pour le compostage domestique, une étude de l'ADEME intitulée « Impact sanitaire et environnemental du compostage domestique » est considérée [1218] :

- Déchets verts : 29 g NH<sub>3</sub>/t
- Déchets de cuisine : 13,5 gNH<sub>3</sub>/t

### 6.2.2.2. Méthanisation (NFR 5B2)

#### 6.2.2.2 Biogas production

#### Emissions de NH<sub>3</sub>

Les émissions de NH<sub>3</sub> associées à la dégradation anaérobie des déchets sont calculées d'une part sur la base du facteur d'émission fourni par les lignes directrices 2023 EMEP de l'EEA, à savoir 0,0275 kg NH<sub>3</sub>-N / kg d'azote dans les déchets stockés et d'autre part sur la base de la quantité d'azote totale dans les différentes catégories de déchets (ADEME).

Catégorie	Lisiers	OM en mélange	Biodéchets	Boues et autres
%N <sub>total</sub>	/	1,1%	2,8%	4,0%

Ces pourcentages sont rapportés par quantité de matière sèche tandis que les données d'activités sont connues en masse humide. Par conséquent, les FE sont convertis sur la base des taux d'humidité suivants :

	Déchets verts	Ordures ménagères	Biodéchets	Boues et autres
Unité	%	%	%	%
Taux d'humidité	60,0	36,9	63,3	70,0

Les facteurs d'émission de NH<sub>3</sub> sont alors estimés comme suit :

$$FE(NH_3) = (1 - \%hum) \times FE_{NH_3-N} \text{ (en kg NH}_3\text{ - N / kg N)} \times \frac{17}{14}$$

L'estimation des émissions de NH<sub>3</sub> (pré-stockage et stockage) liées aux quantités d'effluents d'élevage traitées par méthanisation est présentée en section « 3B Manure Management ».

### 6.2.3 Incertitudes

#### 6.2.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 6.2.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 6.2.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

### 6.2.5 Recalculs

#### 6.2.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 158 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5B

<b>5B - Biological treatments</b>	
Données d'activité	Pas de mise à jour concernant les données d'activité du compostage industriel. Très légère mise à jour des données d'activité concernant le compostage domestique (mise à jour des données de population sur la période 2019 - 2021).
Facteurs d'émission	Pas de changements.

### 6.2.6 Améliorations envisagées

#### 6.2.6 Expected improvements

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».



Cas du compostage :

Sur la base de nouvelles informations collectées dans l'enquête ITOM, l'usage de biofiltres dans les installations de compostage en bâtiments fermés sera pris en compte dans l'estimation à court ou moyen terme.

Cas de la méthanisation :

Aucune amélioration méthodologique n'est prévue à court terme.

## 6.3 Incinération des déchets (5C)

### 6.3 Waste incineration

#### 6.3.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 6.3.1 Main features

Cette section se rapporte aux installations d'incinération de déchets et aux feux ouverts de déchets.

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 5C est source clé :

Tableau 159 : Polluants pour lesquels le secteur 5C est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
BC	3	8,1%	-	-
Cd	9	5,5%	1	23,4%
Hg	4	9,1%	2	21,2%
PCDD/F	1	46,5%	2	26,5%
HCB	2	27,2%	-	-
PCB	-	-	1	67,8%

#### Particularité du rapportage de l'incinération et des feux ouverts :

Seules les émissions liées à l'incinération de déchets sans récupération d'énergie et aux feux ouverts de déchets sont à rapporter dans la catégorie « 5C - incinération des déchets ».

Les émissions associées aux installations de production d'énergie à des fins de distribution sont rapportées dans la catégorie « 1A - Production d'énergie ».

Les émissions associées à l'incinération de déchets avec production d'énergie dans l'industrie (cimenteries etc.) sont rapportées dans le secteur industriel correspondant.

#### 6.3.1.1. Incinération (NFR 5C1)

##### 6.3.1.1 Waste incineration

Les déchets incinérés peuvent être issus des ménages, de l'activité économique et des collectivités.

Ces déchets peuvent être de diverses natures :

- ordures ménagères résiduelles,
- déchets banals en mélange,
- boues d'assainissement,
- résidus de traitement
- déchets dangereux
- etc.

En France, on peut distinguer plusieurs catégories d'incinérateurs en fonction des déchets traités :

- unités d'incinération de déchets non dangereux (UIDND ou UIOM),
- unités d'incinération de déchets dangereux (UIDD).

Certains incinérateurs vont traiter des déchets de diverses natures, alors que d'autres sont exclusivement dédiés à une catégorie de déchets (par exemple aux boues d'assainissement, aux déchets hospitaliers ou aux déchets dangereux).

Ces incinérateurs peuvent être sur des sites industriels exclusivement dédiés à l'incinération, sur les sites de production des déchets incinérés (dits « in-situ ») ou encore sur des sites mixtes de traitement des déchets.

On distingue des incinérateurs avec récupération d'énergie et des incinérateurs sans récupération d'énergie.

La co-incinération de déchets (par exemple en cimenteries) est également pratiquée en France.

En complément, la France dispose de crématoriums dédiés à l'incinération des corps.

La forte baisse des émissions de la plupart des polluants constatée depuis 2002 est liée à l'application de l'arrêté du 20 septembre 2002 relatifs à l'incinération [283] et dont les échéances d'application s'échelonnaient jusqu'en 2005.

### 6.3.1.2. Feux ouverts (NFR 5C2)

#### 6.3.1.2 Open burning

Bien que ce soient des activités illicites, plusieurs types de feux sont pratiqués en France et pris en compte dans l'inventaire national dans cette catégorie NFR :

- Feux de plastiques agricoles,
- Feux de déchets verts,
- Brûlage de câbles électriques.

Les feux de véhicules et les feux de bâtiment sont rapportés en 5E. Concernant les feux de plastiques agricoles, seules les émissions de CO<sub>2</sub> sont estimées dans l'inventaire français. Cependant, les émissions de polluants associées aux feux de résidus de cultures sont estimées et rapportées en 3F.

### 6.3.2 Méthodes d'estimation des émissions

#### 6.3.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/omine/>.

#### 6.3.2.1. Incinération (NFR 5C1)

##### 6.3.2.1 Waste incineration

##### Particularité du rapportage de l'incinération :

Seules les émissions liées à l'incinération de déchets sans récupération d'énergie sont rapportées dans la catégorie « 5C - incinération des déchets ».

Les émissions associées aux installations de production d'énergie à des fins de distribution sont rapportées dans la catégorie « 1A - Production d'énergie ».

Les émissions associées à l'incinération de déchets avec production d'énergie dans l'industrie (cimenteries etc.) sont rapportées dans le secteur industriel correspondant.

➤ **Incinération de déchets municipaux (5C1a) :**

**Données d'activité**

L'ADEME réalise périodiquement, depuis plusieurs décennies, les enquêtes ITOM (Installations de Traitement des Ordures Ménagères) [32]. Ces enquêtes contiennent des données relatives à tous les sites recevant au moins des déchets collectés dans le cadre du service public d'élimination des déchets, implantés en Métropole et dans les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE. Les données collectées sont nombreuses : il s'agit, pour chaque installation, des quantités traitées par type de déchets selon la nomenclature ITOM, de l'énergie produite et son usage (vendue ou autoconsommée), des refus etc. Les données nécessaires à l'inventaire national (essentiellement les quantités traitées par type de déchets pour chaque installation) sont obtenues sous forme d'une base de données auprès de l'ADEME.

Les résultats de l'enquête ITOM font en outre l'objet d'un rapport public tous les deux ans. La dernière édition a été publiée en 2022 et concerne les données de l'année 20120.

**Règle de rapportage :**

La distinction entre « avec » ou « sans » récupération d'énergie se fait selon la classification effectuée par l'ADEME dans le cadre des enquêtes ITOM [32], c'est-à-dire sans prendre en compte le rendement énergétique de l'incinérateur. L'incinération de déchets sans récupération d'énergie continue à disparaître peu à peu au profit notamment de l'incinération avec récupération d'énergie et ne devrait plus exister à partir de 2025.

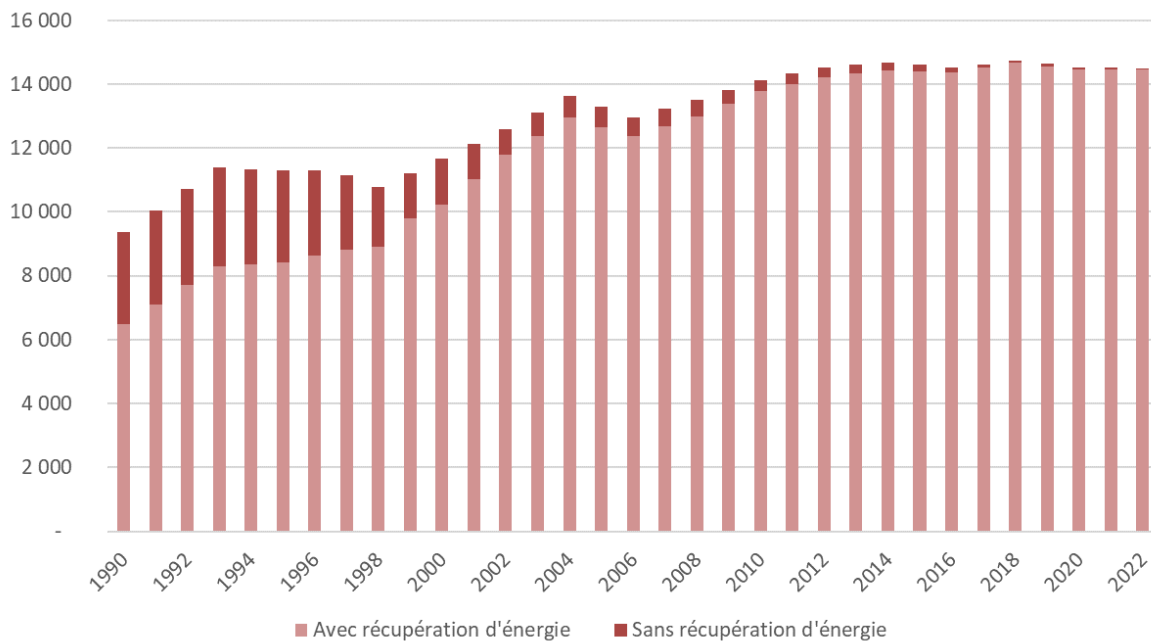


Figure 171 : Quantité de DMA (kt) avec et sans récupération d'énergie (Métropole et DOM)

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Un facteur d'émission moyen est déterminé à partir des déclarations annuelles des émissions de 1994 et depuis 2000 [19] (déclaration sans seuil). L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées. Le facteur d'émission de 1994 est appliqué aux années antérieures. Les années intermédiaires sont interpolées.

**Tableau 160 : Facteurs d'émission de SO<sub>2</sub> associés à l'incinération de déchets ménagers (g SO<sub>2</sub>/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
SO <sub>2</sub>	907,4	341,7	58,06	66,78

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Un facteur d'émission moyen est déterminé à partir des déclarations annuelles des émissions de 1994 et depuis 2000 [19] (déclaration sans seuil). L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées. Le facteur d'émission de 1994 est appliqué aux années antérieures. Les années intermédiaires sont interpolées.

**Tableau 161 : Facteurs d'émission de NO<sub>x</sub> associés à l'incinération de déchets ménagers (g NO<sub>x</sub>/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
NO <sub>x</sub>	1 597	1 532	630	536

**Emissions de COVNM**

Un facteur d'émission moyen est déterminé à partir des déclarations annuelles des émissions de 1994 et depuis 2000 [19] (déclaration sans seuil). Le facteur d'émission de 1994 est appliqué aux années antérieures. Les années intermédiaires sont interpolées.

**Tableau 162 : Facteurs d'émission de COVNM associés à l'incinération de déchets ménagers (g COVNM/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
COVNM	120,12	50,03	5,77	4,46

**Emissions de CO**

Un facteur d'émission moyen est déterminé à partir des déclarations annuelles des émissions depuis 2004 [19]. En 1994 et pour les années antérieures, les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission de 700 g / t déchets issu du Guidebook EMEP/EEA 2019. Les années intermédiaires sont interpolées.

**Tableau 163 : Facteurs d'émission de CO associés à l'incinération de déchets ménagers (g CO/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
CO	700,00	340,25	53,23	56,09

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les installations équipées d'équipement de réduction des émissions d'oxydes d'azote (De-NO<sub>x</sub>) de type SCR et SNCR sont émetteurs de NH<sub>3</sub>. Le premier DeNO<sub>x</sub> (de type SCR) a été installé en 1998. Le facteur d'émission de NH<sub>3</sub> retenu pour les années antérieures à 1998 est nul.

Le facteur d'émission est établi à partir du facteur d'émission déterminé par la FNADE [310] pour une installation équipée d'un système De-NO<sub>x</sub> SCR ou SNCR (11 g NH<sub>3</sub> / tonne déchets incinérée), ramené au rapport de la quantité de déchets incinérés avec De-NO<sub>x</sub> à la quantité totale de déchets incinérés dans des installations sans récupération d'énergie. Les investigations menées par le CITEPA amènent

à considérer qu'en 2013 environ 5% des déchets non dangereux traités en UIDND sont incinérés dans une installation qui ne comporte pas de traitement des NOx.

**Tableau 164 : Facteurs d'émission de NH<sub>3</sub> associés à l'incinération de déchets ménagers (g NH<sub>3</sub>/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
NH <sub>3</sub>	0	1,53	14,21	14,95

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission de 350 g TSP / t OM provenant de la référence [42] pour les années 1990 à 1994. Ce facteur d'émission est basé sur une extrapolation de la teneur en plomb, zinc et cadmium dans les émissions particulaires. A partir de 1999, les déclarations annuelles des rejets sont compilées pour en déduire un facteur d'émission annuel moyen [19] (déclaration sans seuil). L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées. De 1994 à 1998, les facteurs d'émission sont interpolés.

**Tableau 165 : Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets ménagers (g TSP/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
TSP	350,0	215,4	8,37	7,72

#### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Seules les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm sont déterminées en utilisant la granulométrie tirée de la référence [68].

**Tableau 166 : Granulométrie des TSP**

tranche granulométrique	% répartition des TSP totales
PM <sub>10</sub>	95
PM <sub>2,5</sub>	78
PM <sub>1</sub>	(nd)

(nd) : non disponible

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est de 3,5% selon le guide EMEP/EEA [569].

#### **Métaux lourds (ML)**

De 1990 à 2001, le facteur d'émission est calculé sur la base de données fournies par les industriels [45] et d'un taux de mise en conformité des incinérateurs. A partir de 2004, le facteur d'émission est calculé sur la base des déclarations annuelles des industriels [19]. Entre ces deux années, il est procédé à une interpolation linéaire.

**Tableau 167 : Facteurs d'émission de métaux lourds associés à l'incinération de déchets ménagers (mg ML/Mg de déchets)**

Mg/Mg	2010	2020
As	26,17	1,37
Cd	16,42	11,22
Cr	82,89	33,83
Cu	62,60	79,68
Hg	42,56	26,35
Ni	35,81	44,68
Pb	91,56	60,78
Zn	588,75	670,63

***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Avant 2003, une distinction est faite entre les incinérateurs conformes et les non conformes ainsi qu'entre les incinérateurs dont la capacité est inférieure ou supérieure à 6 t/h. Le facteur de chacune de ces catégories est déterminé sur la base de données figurant dans le rapport de l'INERIS [280] jusqu'en 1997 et sur la base de données fournies par le Ministère chargé de l'environnement de 1998 à 2003 [279]. Le facteur d'émission moyen est déduit de ces facteurs d'émission unitaires et d'un taux de mise en conformité des incinérateurs.

A partir de 2004, le facteur d'émission est estimé sur la base des déclarations annuelles des industriels [19] (déclaration sans seuil). L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en semi-continu sur les cheminées.

Le facteur d'émission évolue donc chaque année et reflète les évolutions technologiques.

***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Une distinction est faite entre les incinérateurs conformes et les non conformes ainsi qu'entre les incinérateurs dont la capacité est inférieure ou supérieure à 6 t/h. Le facteur de chacune de ces catégories est déterminé sur la base de données figurant dans le rapport TOCOEN [281] et dans le rapport de R. Bouscaren [70]. Le facteur d'émission moyen est déduit de ces facteurs d'émission unitaires et d'un taux de mise en conformité des incinérateurs.

***Polychlorobiphényles (PCB)***

En ce qui concerne les PCB, en l'absence d'autres informations, une donnée issue du chapitre « Source of polychlorinated biphenyls emission » de EMEP/EEA [358] est utilisée pour l'année 1990. Pour les autres années, on applique à ce facteur d'émission l'évolution du facteur d'émission des dioxines et furannes.

***Hexachlorobenzène (HCB)***

Une distinction est faite entre les incinérateurs conformes et les non conformes. Le facteur d'émission de chacune de ces deux catégories est issu du rapport de R. Bouscaren [70]. Le facteur d'émission moyen est déduit de ces facteurs d'émission unitaires et d'un taux de mise en conformité des incinérateurs (100% depuis 2006).

➤ ***Incineration de déchets dangereux (5C1bii) :***

Les Déchets Dangereux (DD) correspondent à une catégorie des déchets, d'origine industrielle ou domestique, nécessitant un traitement spécifique en raison de leur potentiel de toxicité. L'incinération de déchets dangereux est caractérisée par une grande diversité qualitative et

quantitative des déchets traités, qui peuvent induire des facteurs d'émission évoluant beaucoup d'une année à l'autre.

L'incinération des déchets dangereux s'effectue, d'une part, dans des installations spécifiques (incinération et évapo-incinération) et, d'autre part, sur les sites où ces déchets sont générés (incinération in-situ).

### ***Données d'activité***

Les quantités incinérées dans les centres spécifiques sont connues via l'ADEME [157] pour les données historiques, via les déclarations des exploitants [19] entre 2004 et 2012 et via le panorama de la gestion des déchets dangereux pour les années récentes [737].

Les quantités incinérées in-situ sont connues annuellement via les déclarations des sites concernés [19].

### ***Règle de rapportage***

Les émissions liées à l'incinération de déchets dangereux dans des cimenteries sont traitées dans la section « 1A2f\_cement ».

### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Le facteur d'émission est calculé à partir des données déclarées par les sites pour les années 1994, et depuis 2003 [19]. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées. Pour les années antérieures à 1994, la valeur de 1994 est retenue. Pour les années entre 1994 et 2003, les facteurs d'émission sont interpolés linéairement.

**Tableau 168 : Facteurs d'émission de SO<sub>2</sub> associés à l'incinération de déchets dangereux (g SO<sub>2</sub>/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
SO <sub>2</sub>	220,9	125,9	76,3	47,1

### ***Emissions de NO<sub>x</sub>***

Le facteur d'émission est calculé à partir des données déclarées par les sites pour les années 1994, et depuis 2003 [19]. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées. Pour les années antérieures à 1994, la valeur de 1994 est retenue. Pour les années entre 1994 et 2003, les facteurs d'émission sont interpolés linéairement.

**Tableau 169 : Facteurs d'émission de NO<sub>x</sub> associés à l'incinération de déchets dangereux (g NO<sub>x</sub>/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
NO <sub>x</sub>	1 199	1 236	921,2	735,4

### ***Emissions de COVNM***

Un facteur d'émission moyen est déterminé à partir des déclarations annuelles des émissions de 1994 et depuis 2000 [19]. Le facteur d'émission de 1994 est appliqué aux années antérieures. Le facteur d'émission de 1994 est appliqué aux années antérieures. Les années intermédiaires sont interpolées.

**Tableau 170 : Facteurs d'émission de COVNM associés à l'incinération de déchets dangereux (g COVNM/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
COVNM	30,4	22,9	10,0	12,6

**Emissions de CO**

A partir de 2002, un facteur d'émission moyen est calculé sur la base des déclarations des sites spécifiques [19]. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées. En l'absence de données disponibles, la valeur de 2002 est appliquée rétrospectivement jusqu'en 1990.

**Tableau 171 : Facteurs d'émission de CO associés à l'incinération de déchets dangereux (g CO/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
CO	149,3	149,3	74,1	67

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> ne sont pas estimées dans l'inventaire national.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Pour les années antérieures à 1996, le facteur d'émission figurant dans la littérature [68] est retenu que ce soit pour les sites spécifiques ou in-situ. A partir de 2004, le facteur d'émission est calculé sur base des émissions des sites [19] pour les sites spécifiques et pour les sites in-situ. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées. Les facteurs d'émission moyens entre les sites in-situ et spécifiques sont obtenus en pondérant les émissions obtenues par les activités correspondantes. Les facteurs d'émissions pour les années 1997 à 2003 sont interpolés.

La forte baisse des émissions constatée depuis 2002 est liée à l'application de l'arrêté du 20 septembre 2002 relatifs à l'incinération [284] et dont les échéances d'application s'échelonnaient jusqu'en 2005. Des variations interannuelles persistent notamment en raison de la composition des déchets traités.

**Tableau 172 : Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets dangereux (g TSP/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
TSP	600,0	287,6	34,6	5,3

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm sont déterminées en utilisant la granulométrie issue du guide EMEP/EEA [370].

**Tableau 173 : Granulométrie des TSP**

tranche granulométrique	% répartition des TSP totales
PM <sub>10</sub>	40
PM <sub>2,5</sub>	40
PM <sub>1</sub>	(nd)

(nd) : non disponible



**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est de 3,5% selon le guide EMEP/EEA [569].

**Métaux lourds (ML)**

Pour les années antérieures à 1996, le facteur d'émission figurant dans la littérature [70] est retenu que ce soit pour les sites spécifiques ou in-situ. A partir de l'année 2004, le facteur d'émission est calculé sur base des émissions déclarées par les sites [19] pour les sites spécifiques et pour les sites in-situ. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées deux fois par an sur les cheminées. Les facteurs d'émission moyens des installations d'incinération de déchets dangereux (in-situ et spécifiques) sont obtenus en pondérant les émissions obtenues par les activités correspondantes. Les facteurs d'émission pour les années 1997 à 2003 sont interpolés.

La forte baisse des émissions de ML constatée depuis 2002 est liée à l'application de l'arrêté du 20 septembre 2002 relatifs à l'incinération [284] et dont les échéances d'application s'échelonnaient jusqu'en 2005. Des variations interannuelles persistent notamment en raison de la composition des déchets traités.

Pour certains métaux (Cd, Pb et Zn), les dispositions réglementaires continuent à produire des effets après cette date, ce qui explique les fortes réductions constatées.

**Tableau 174 : Facteurs d'émission de métaux lourds associés à l'incinération de déchets dangereux (mg ML/Mg de déchets)**

Mg/Mg	1990	2000	2010	2020
As	100,0	74,4	53,2	2,2
Cd	400,0	199,3	19,4	16,2
Cr	558,4	496,8	226,7	58,0
Cu	1 200	607,5	106,9	103,4
Hg	1 000	586,6	184,5	22,9
Ni	900,0	480,6	86,7	60,6
Pb	653,3	588,9	159,6	72,2
Zn	588,4	568,2	652,8	840,2

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Les émissions de PCDD-F sont majoritairement issues du brûlage illégal de câbles électriques (afin d'en revendre le cuivre) et dans une moindre mesure de la combustion des déchets industriels.

Concernant ces dernières, pour les années antérieures à 1996, le facteur d'émission figurant dans la littérature [70] est retenu que ce soit pour les sites spécifiques ou in-situ. A partir de l'année 2004, le facteur d'émission est calculé sur base des émissions des sites [19] pour les sites spécifiques et pour les sites in-situ. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en semi-continu sur les cheminées. Un facteur moyen des installations d'incinération de déchets dangereux (in-situ et spécifiques) est obtenu en pondérant les facteurs d'émission obtenus par les activités correspondantes. Les facteurs d'émission pour les années 1997 à 2003 sont interpolés.

La forte baisse des émissions de PCDD-F constatée depuis 2002 est liée à l'application de l'arrêté du 20 septembre 2002 relatifs à l'incinération [284] et dont les échéances d'application s'échelonnaient

jusqu'en 2005. Des variations interannuelles persistent notamment en raison de la composition des déchets traités.

Les émissions associées au brûlage illégal des câbles électriques sont estimées sur la base d'études de l'INERIS fournissant la quantité de câbles brûlés [1083] et le facteur d'émission associé [1084]. Le principal élément limitant dans la détermination de ces rejets est lié à la nature de l'activité considérée. Cette pratique étant illégale, aucun suivi n'existe. Par conséquent les émissions sont considérées constantes sur toute la série temporelle. Cependant la méthode est susceptible d'évoluer afin de prendre en compte une potentielle évolution de la quantité de câbles brûlés.

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Pour les années antérieures à 1996, les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de HAP totaux de 150 mg/Mg de déchets incinérés, tiré de l'étude Bouscaren [70]. A partir de 2009, le facteur d'émission de 20 mg/tonne de déchets pour les HAP totaux proposé dans EMEP/EEA 2023 est utilisé [570]. Un facteur moyen des installations d'incinération de déchets dangereux (in-situ et spécifiques) est obtenu en pondérant les facteurs d'émission obtenus par les activités correspondantes. Les facteurs d'émission pour les années 1997 à 2008 sont interpolés.

Faute d'informations relatives à la distribution selon les différents composés pour ces installations assez particulières et, compte-tenu de la contribution marginale de ce type d'émetteur dans les émissions nationales, la répartition des quatre HAP (BaP, BbF, BkF et IndPy) dans l'inventaire est fixée arbitrairement en proportions équivalentes.

### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Le facteur d'émission relatif à l'incinération de déchets industriels dans des sites spécifiques ou dans des sites industriels autorisés hors incinération des PCB est de 4600 µg / Mg déchets [357]. Quant à l'incinération de PCB, la valeur retenue pour 1990 est de 10 g / Mg [358]. Un facteur moyen des installations d'incinération de déchets dangereux (in-situ et spécifiques) et d'incinération des PCB est obtenu en pondérant les facteurs d'émission par les activités correspondantes. Les facteurs d'émission des années suivantes sont supposés suivre une évolution similaire à celle des PCDD-F à partir de 1990 (dioxine-like).

### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions ne sont pas estimées.

#### ➤ **Incinération de déchets de soins (5C1biii) :**

Les déchets hospitaliers recouvrent les déchets anatomiques humains, les déchets contaminés par des bactéries ou des virus ainsi que les déchets hospitaliers généraux tels que les instruments en plastiques, le textile etc. Ils sont incinérés pour réduire leur volume et donc pour économiser les coûts de mise en décharge. L'incinération permet également de prévenir toute fuite de substances toxiques ou contaminées dans l'environnement [17]. L'incinération de déchets hospitaliers est considérée comme une activité présente uniquement en métropole. Aucune émission n'est allouée aux territoires ultramarins.

En France, une partie des déchets est incinérée dans les usines d'incinération de déchets non dangereux ou d'incinération de déchets industriels [32]. Le solde est incinéré, soit in-situ dans les centres hospitaliers (historiquement), soit dans des unités spécifiques qui sont très peu nombreuses [261] :

#### **Incinération in-situ**

En 1990, l'incinération in-situ concernait 200 000 à 300 000 Mg de déchets de soins à risque pour environ 1 350 incinérateurs. En 1996, la quantité incinérée in-situ n'est plus que de 40 000 Mg pour 200 incinérateurs. Elle chute à 25 000 Mg en 1997 pour 40 à 50 incinérateurs. La réduction de

l'incinération in-situ provient du fait que, suite à l'enquête du Ministère de la santé de 1990, il a été demandé aux hôpitaux de mettre leurs incinérateurs en conformité, ce qui représente un coût trop important pour la plupart d'entre eux [261].

En l'absence de données, la quantité de déchets incinérés in situ est indexée sur la population au carré entre 1960 et 1989 car le taux d'équipement est supposé avoir plus fortement cru que la population.

Il n'y a plus d'incinération in-situ depuis 2004.

#### Incinération en centre spécifique

L'incinération en centre spécifique n'a débuté qu'en 1988. Auparavant, il n'y avait que de l'incinération in-situ.

Parmi les cinq sites d'incinération spécifiques de déchets hospitaliers qui ont fonctionné [261], deux sont toujours en fonction, dont une ligne dédiée située dans une UIDND.

#### Incinération en UIDND ou en usine d'incinération de déchets industriels

Ces deux catégories sont traitées respectivement dans les sections « 5C\_non hazardous waste incineration » et « 5C\_hazardous waste incineration ».

#### **Données d'activité**

Les quantités incinérées par année sont déduites des valeurs des sites d'incinération spécifiques [19, 261, 262] ainsi que des estimations concernant l'incinération in-situ [261].

#### Rapportage

Les émissions sont rapportées dans la catégorie 5C sur toute la série temporelle.

#### **Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO**

Jusqu'en 1996, les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission issu de l'OFEFP [42]. A partir de 2002, le facteur d'émission est basé sur les déclarations annuelles de rejets des exploitants [19]. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées pour les NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> et CO. Les années intermédiaires (1997 - 2001) sont calculées par interpolation linéaire 1996-2002. Cette valeur est appliquée à la fois à l'incinération in situ et à l'incinération en centre spécifique.

**Tableau 175 : Facteurs d'émission de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM et CO associés à l'incinération de déchets de soins (g/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
SO <sub>2</sub>	1 300	802,2	66,1	226,8
NO <sub>x</sub>	1 500	1 389	1 055	1 338
COVNM	300	216,9	3,2	30,1
CO	1 400	1 103	133,8	341,9

#### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions ne sont pas estimées.

#### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Jusqu'en 1996, les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission issu de l'OFEFP [42]. A partir de 2002, le facteur d'émission est basé sur les déclarations annuelles de rejets des exploitants

[19]. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en continu sur les cheminées. Les années intermédiaires (1997 - 2001) sont calculées par interpolation linéaire 1996-2002. Cette valeur est appliquée à la fois à l'incinération in-situ et à l'incinération en centre spécifique.

**Tableau 176 : Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets de soins (g TSP/Mg de déchets)**

g/Mg	1990	2000	2010	2020
TSP	2 200	1 250,4	17,3	9,9

#### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm et à 2,5 µm sont déterminées en utilisant la granulométrie issue de l'OFEFP [68].

**Tableau 177 : Granulométrie des TSP**

tranche granulométrique	% répartition des TSP totales
PM <sub>10</sub>	95
PM <sub>2,5</sub>	78
PM <sub>1</sub>	(nd)

(nd) : non disponible

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est de 18% selon l'inventaire de BC norvégien [681].

#### **Métaux lourds (ML)**

Jusqu'en 1998, les émissions de ML sont estimées, sauf exception, au moyen d'un facteur d'émission issu du Guidebook EMEP / CORINAIR [17]. A partir de 2002, le facteur d'émission est basé sur les déclarations annuelles de rejets des exploitants [19]. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées deux fois par an sur les cheminées. La moyenne des années 2002 et 2003 est appliquée aux années intermédiaires (1997 - 2001). Cette valeur est appliquée à la fois à l'incinération in-situ et à l'incinération en centre spécifique.

Les émissions de sélénium associées sont supposées nulles.

**Tableau 178 : Facteurs d'émission de métaux lourds associés à l'incinération de déchets de soins (mg ML/Mg de déchets)**

mg/Mg	1990	2000	2010	2020
As	70,0	82,9	123,0	13,7
Cd	8 000	5 155	120,6	3,8
Cr	500,0	378,0	453,3	2,7
Cu	600,0	421,4	257,2	22,3
Hg	4 500	2 950	311,7	67,0
Ni	300,0	245,7	208,9	15,5
Pb	64 000	39 655	226,8	23,5
Zn	21 000	14 166	231,7	275,2

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Jusqu'en 1998, les émissions de PCDD-F sont estimées au moyen d'un facteur d'émission issu du Guidebook EMEP / CORINAIR [17]. A partir de 2002, le facteur d'émission est basé sur les déclarations annuelles de rejets des exploitants [19]. L'estimation réalisée par les industriels s'appuie généralement sur les valeurs réglementairement mesurées en semi-continu sur les cheminées. La moyenne des années 2002 et 2003 est appliquée aux années intermédiaires (1997 - 2001). Cette valeur est appliquée à la fois à l'incinération in-situ et à l'incinération en centre spécifique.

L'évolution de la structure de l'activité, notamment la fermeture des sites in-situ et les dispositifs de réduction des émissions, explique la très forte baisse des émissions.

**Tableau 179 : Facteurs d'émission de PCDD-F associés à l'incinération de déchets de soins (ng PCDD-F/Mg de déchets)**

ng/Mg	1990	2000	2010	2020
PCDD-F	250 000	105 643	131,5	135,3

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions des quatre HAP (BaP, BbF, BkF et IndPy) sont estimées sur la base d'un facteur d'émission pour les HAP totaux du guide EMEP / EEA 2023 [571]. Pour des raisons liées au manque d'information et au poids relatif très faible de ce type de source dans le total national, il est supposé, jusqu'à ce que de nouvelles données soient disponibles, que les quatre HAP sont émis en proportions égales. Le facteur d'émission à considérer pour le BaP, le BbF, le BkF et l'IndPy est de 0,01 mg/Mg de déchets.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de 20 000 µg/Mg de déchets tiré du Guidebook EMEP 2023 [571] appliqué en 1990 et son évolution est indexée sur celle des PCDD-F.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de 46 µg/Mg de déchets tiré du rapport AER [188]. Cette valeur est appliquée à la fois à l'incinération in-situ et à l'incinération en centre spécifique.

➤ **Incineration de boues d'assainissement (5C1biv) :**

Le traitement des eaux conduit à la production de boues résiduelles en quantité très importante. Les données les plus récentes [511] indiquent une quantité supérieure à un million de tonnes de matière sèche (MS) générée par les stations d'épuration urbaines. Leurs destinations se répartissent comme suit en 2020 :

- Epandage agricole (37,3%),
- Compostage (43,2%),
- Incinération en UIOM, STEP ou site dédié (16,1%),
- Mise en décharge (0,6%),
- Autres (2,9%).

Les émissions présentées pour l'incinération sont les émissions à la sortie de la cheminée.

Les émissions des stocks de boues en attente d'être incinérées ne sont pas comptabilisées.

L'incinération de boues d'assainissement est considérée comme une activité présente uniquement en métropole. Aucune émission n'est allouée aux territoires ultramarins.

La forte baisse des émissions de la plupart des polluants constatée depuis 2002 est liée à l'application de l'arrêté du 20 septembre 2002 relatifs à l'incinération [283] et dont les échéances d'application s'échelonnaient jusqu'en 2005.

**Données d'activité**

L'activité correspond aux masses (en matière brute) de boues incinérées.

Les facteurs d'émission se rapportent à des matières brutes. Quand les facteurs d'émission de la littérature se rapportent à de la matière sèche, ils sont convertis en considérant une siccité des boues incinérées de 33%.

**Emissions de SO<sub>2</sub>, de COVNM, de CO**

Jusqu'en 1996, les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission issu du Guidebook EMEP/EEA [569]. A partir de 1997, il est tenu compte des VLE fixées par l'arrêté du 20 septembre 2002 qui devaient être respectées par les installations existantes au 28 décembre 2005 [283]. Une extrapolation est faite entre les données 1996 (valeur nationale par défaut) et 2006 (VLE) afin de tenir compte d'une réduction progressive du facteur d'émission.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Pour les NO<sub>x</sub>, le facteur d'émission du Guidebook EMEP / EEA 2023 [569] a été pris en compte pour toute la période.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions ne sont pas estimées.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission de 350 g TSP / Mg de boues provenant de l'OFEPF pour les années 1990 à 1996. A partir de 2006, il est tenu compte des VLE (10 mg/Nm<sup>3</sup>) fixées par l'arrêté du 20 septembre 2002 [283] qui devaient être respectées par les installations existantes au 28 décembre 2005. Une extrapolation est faite entre les données 1996 (valeur nationale par défaut) et 2006 (VLE) afin de tenir compte d'une réduction progressive du facteur d'émission.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm sont déterminées en utilisant une granulométrie issue de EMEP/EEA [569].

Tableau 180 : granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des PM totales
PM <sub>10</sub>	65
PM <sub>2,5</sub>	43
PM <sub>1</sub>	(nd)

(nd) : non disponible

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est de 3,5% selon le guide EMEP/EEA [569].

**Métaux lourds (ML)**

Jusqu'en 1996, les émissions de la plupart des métaux lourds sont estimées au moyen d'un facteur d'émission issu d'une étude nationale [70]. A partir de 2006, le facteur d'émission pris en compte est celui du Guidebook EMEP / EEA 2009. Entre 1997 et 2006, la valeur des facteurs d'émissions est calculée par interpolation linéaire.

Les émissions de Pb sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de 15 000 mg/t issu d'une étude nationale [70].

Les émissions de Zn sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de 10 000 mg/Mg de boues issu d'une étude nationale [70].

### ***Dioxines et furannes (PCDD-F)***

Jusqu'en 1996, les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission tiré de l'étude Bouscaren [70]. A partir de 1997, il est tenu compte des VLE fixées par l'arrêté du 20 septembre 2002 [283] qui devaient être respectées par les installations existantes au 28 décembre 2005. Une extrapolation est faite entre les données 1996 (valeur nationale par défaut) et 2006 (VLE) afin de tenir compte d'une réduction progressive du facteur d'émission.

### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Le facteur d'émission provient d'un FE en HAP issu d'une étude nationale [70] auquel sont appliquées les spéciations issues des lignes directrices EMEP/EEA 2023 [569].

### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Les émissions sont estimées pour la période 1990-1996 au moyen d'un facteur d'émission de 5 000 µg/Mg de boues issu d'une étude nationale [70]. A partir de 1997, les émissions tiennent compte d'une décroissance progressive calquée sur celle observée pour les dioxines.

### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Jusqu'en 1996, les émissions sont estimées au moyen d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP / CORINAIR [17]. A partir de 1997, il est tenu compte des VLE fixées par l'arrêté du 20 septembre 2002 [283] qui devaient être respectées par les installations existantes au 28 décembre 2005. Une extrapolation est faite entre les données 1996 (valeur nationale par défaut) et 2006 (VLE) afin de tenir compte d'une réduction progressive du facteur d'émission.

#### ➤ ***Crémation (5C1bv) :***

La crémation est la transformation du corps en cendres dans des incinérateurs conçus spécialement à cet effet. En France, la part de l'incinération est passée de 1% des obsèques en 1979 à plus de 30% aujourd'hui. Entre 270 000 et 290 000 crémations sont opérées chaque année dans près de 200 crématoriums [224].

### ***Données d'activité***

Le niveau d'activité correspond au nombre de corps incinérés annuellement en métropole et dans les territoires ultramarins (Guadeloupe, Martinique, La Réunion et la Nouvelle Calédonie). Cette information est fournie par la fédération française de la crémation (FFC) [224].

L'activité est interpolée pour les années où la donnée n'est pas disponible.

Le nombre d'incinérations est en augmentation rapide depuis quelques décennies. C'est d'ailleurs pourquoi la législation (arrêté du 28 janvier 2010) a imposé des Valeurs Limites d'Emissions (VLE) à respecter plus contraignantes (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, HCl, TSP) ou complémentaires (Hg, PCDD-F et composés organiques) à respecter à partir de janvier 2018. Le respect des nouvelles VLE a nécessité la mise en place de techniques d'abattement en cheminée (filtres à manches 31/80, filtres à bougies 18/80, divers non identifiés 12/80) dans la plupart des crématoriums. La majorité de ces installations ont commencé à s'équiper en 2015 et en 2018 tous les sites n'étaient pas encore équipés.

En outre, l'usage de Hg dans les amalgames dentaires est en réduction en raison de la toxicité connue du mercure et les considérations esthétiques qui ont conduit ces dernières décennies au développement de nouveaux matériaux de restauration (résines).

**Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO**

Le facteur d'émission est issu d'une étude nationale sur la caractérisation des émissions atmosphériques d'un échantillon représentative du parc français de crematorium [325]. Aucune évolution temporelle n'est considérée.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions ne sont pas estimées.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Le facteur d'émission de 1990 à 2014 est issu d'une étude nationale sur la caractérisation des émissions atmosphériques d'un échantillon représentative du parc français de crematorium [325].

Les FE appliqués à partir de 2018 ont été déduits des campagnes de mesures réalisées en 2018 ou 2019 par les crematoriums dans le but de vérifier leur conformité avec l'arrêté du 28 janvier 2010 et transmis aux Agence Régionales de Santé (ARS) [1019].

Une période de transition de trois ans entre 2014 et 2018 a été considérée car les crematoriums ont pour la plupart attendu l'approche de l'échéance pour s'équiper.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont estimées sur la base de la granulométrie des TSP provenant respectivement de l'OFEFP [68] et d'une étude spécifique [183]. La granulométrie PM<sub>1,0</sub>, n'est pas renseignée. Aucune information connue sur la partie condensable.

Tableau 181 : Granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des PM totales
PM <sub>10</sub>	90
PM <sub>2,5</sub>	80
PM <sub>1</sub>	n.d.

n.d. : non disponible

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est de 50% selon l'inventaire de BC norvégien [681].

**Métaux lourds (ML)**

L'activité de crémation est à l'origine d'émissions de métaux lourds. Les facteurs d'émission de 1990 à 2014 proviennent du guide EMEP/EEA 2023 [565] hormis celui pour le mercure qui provient d'une étude nationale [325].

Le FE de Hg appliqué à partir de 2018 a été déduit des campagnes de mesures réalisées en 2018 ou 2019 par les crematoriums dans le but de vérifier leur conformité avec l'arrêté du 28 janvier 2010 et transmis aux Agence Régionales de Santé (ARS) [1019].

Concernant les autres métaux lourds, la tendance observée sur le Hg du fait de la mise en place de techniques d'abattement a été appliquée.

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Le facteur d'émission de 1990 à 2014 est issu d'une étude nationale sur la caractérisation des émissions atmosphériques d'un échantillon représentatif du parc français de crematorium [325].



Le FE appliqué à partir de 2018 a été déduit des campagnes de mesures réalisées en 2018 ou 2019 par les crématoriums dans le but de vérifier leur conformité avec l'arrêté du 28 janvier 2010 et transmis aux Agence Régionales de Santé (ARS) [1019].

Une période de transition de 3 ans entre 2014 et 2018 a été considérée car les crématoriums ont pour la plupart attendu l'approche de l'échéance pour s'équiper.

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Le facteur d'émission de 1990 à 2014 est issu du Guidebook EMEP /EEA [565].

Les FE appliqués à partir de 2015 sont calculés en appliquant la tendance observée sur les PCDD-F.

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Le facteur d'émission de 1990 à 2014 est issu du Guidebook EMEP /EEA [565].

Les FE appliqués à partir de 2015 sont calculés en appliquant la tendance observée sur les PCDD-F.

#### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Le facteur d'émission de 1990 à 2014 est issu du Guidebook EMEP /EEA [565].

Les FE appliqués à partir de 2015 sont calculés en appliquant la tendance observée sur les PCDD-F.

### **6.3.2.2. Feux ouverts (NFR 5C2)**

#### **6.3.2.2 Open Burning**

Cette section concerne uniquement les émissions associées aux feux de déchets verts par les ménages et les feux de plastiques agricoles. Toutefois, pour ce dernier, seules les émissions de CO<sub>2</sub> sont estimées. La méthodologie d'estimation des émissions associées aux feux de résidus de cultures (déchets agricoles) est détaillée dans la section « Brûlage de résidus agricoles (3F) ».

#### ➤ **Feux de déchets verts**

##### **Données d'activité**

Les voies de gestion des déchets domestiques appliquées en France (gestion domestique, dépôt en déchetterie, etc.) par type de déchets (déchets de potager, déchets de cuisine, feuilles, tontes, etc.) ont été estimées à l'aide de documents publiés par l'ADEME en 2008 [489] et entre 2013 et 2021 ([1196], [1197] et [1225]). Ces études ont notamment permis de caractériser les pratiques de gestion domestique (brûlage, compostage en tas, épandage, etc.) en termes de quantités de déchets pour les années 2008, 2013 et 2020.

Sur la base de ces études, la France estime la quantité de déchets verts gérés et brûlés par les ménages. Ces documents fournissent des résultats obtenus à partir d'enquêtes de terrain. Ces enquêtes sont réalisées auprès d'échantillons de plus de 1 000 personnes représentatives de la population française (métropole et outre-mer) âgée de 18 ans et plus, constitués selon la méthode des quotas, en considérant le sexe, l'âge, la catégorie socioprofessionnelle, l'agglomération et la région de résidence.

Entre 2008 et 2020, pour les années où aucune donnée n'est disponible, les quantités de déchets verts brûlés par les particuliers sont estimées par interpolation linéaire. En première approche, l'évolution temporelle sur la période antérieure à 2008 est réalisée en indexant les quantités de déchets verts brûlés par les particuliers sur le nombre de maisons principales en France.

Gg	2008	...	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Déchets verts gérés en gestion domestique (Métropole et DOM)	3 489	...	4 429	4 460	4 491	4 522	4553	4 584

%	2008	...	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Part du brûlage dans la gestion domestique (Métropole et DOM)	20,9	...	22,0	21,4	19,6	20,5	21,7	18,6

Gg	2008	...	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Déchets verts gérés en gestion domestique et brûlés (Métropole)	715	...	919	896	814	881	967	747

**Emissions de SO<sub>2</sub>**

Les émissions sont négligées.

**Emissions de NO<sub>x</sub>**

Le facteur d'émission provient d'une étude de l'INERIS sur les feux de déchets [488] en considérant un mélange 50 / 50 de branches et de feuilles, soit 0,85 kg/Mg.

**Emissions de COVNM**

Le facteur d'émission des COVNM est calculé d'après l'étude de l'INERIS [488] en considérant un mélange 50 / 50 de branches et feuilles et en faisant une hypothèse sur la répartition des COVT (part des COVNM et du CH<sub>4</sub> dans le total) soit 12,90 kg/Mg.

**Emissions de CO**

Le facteur d'émission provient d'une étude de l'INERIS sur les feux de déchets [488] en considérant un mélange 50 / 50 de branches et feuilles, soit 42,4 kg/Mg.

**Emissions de NH<sub>3</sub>**

Les émissions ne sont pas estimées.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Le facteur d'émission provient d'une étude de l'INERIS sur les feux de déchets [488] en considérant un mélange 50 / 50 de branches et feuilles, soit 8,5 kg/Mg.

**Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 et 2,5 µm sont déterminées dans l'étude de l'INERIS [488].

Tableau 182 : Granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des PM totales
PM <sub>10</sub>	95
PM <sub>2.5</sub>	93
PM <sub>1</sub>	(nd)

(nd) : non disponible

**Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est de 42% selon le guide EMEP/EEA [741].

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions ne sont pas estimées.

**Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Le facteur d'émission provient d'une étude de l'INERIS sur les feux de déchets [488] en considérant un mélange 50 / 50 de branches et feuilles, soit 0,13 µ I-TEQ/Mg.

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Le facteur d'émission de chacun des quatre HAP (BaP, BbF, BkF et IndPy) provient d'une étude de l'INERIS sur les feux de déchets [488] en considérant un mélange 50 / 50 de branches et feuilles.

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Le facteur d'émission provient d'une étude de l'INERIS sur les feux de déchets [488] en considérant un mélange 50 / 50 de branches et feuilles, soit 0,055 µ I-TEQ/Mg.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions ne sont pas estimées.

**6.3.3 Incertitudes****6.3.3 Uncertainties**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

**6.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)****6.3.4 QA/QC**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

**6.3.5 Recalculs****6.3.5 Recalculations**

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 183 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5C

<b>5C1 - Waste incineration</b>	
Données d'activité	<p><b>Incinération des déchets ménagers sans récupération d'énergie</b></p> <p>Aucun changement.</p> <p><b>Incinération de déchets dangereux</b></p> <p>Modification des quantités de déchets dangereux incinérés sur l'année 2021. Dans le précédent inventaire cette donnée d'activité était estimée sur la base des exercices de projections (faute de données issues du panorama des déchets dangereux). Un changement méthodologique a été introduit et les quantités de déchets dangereux pour les années 2021 et 2022 ont été calculées sur la base des données déclarées par les sites émetteurs sur la plateforme de déclaration GERE. Ce changement induit une légère hausse des émissions sur l'année 2021.</p> <p><b>Incinération de déchets de soins</b></p> <p>Révision à la baisse de la quantité de déchets de soins incinérés en sites spécifiques sur la période 2006 à 2021. La quantité de déchets de soins incinérés était surestimée dans les précédents inventaires. En effet les quantités prises en compte dans les calculs intégraient en partie des déchets autres que de soins.</p> <p><b>Incinération de boues d'assainissement</b></p> <p>Aucun changement.</p> <p><b>Crémation</b></p> <p>Aucun changement.</p>
Facteurs d'émission	<p><b>Incinération des déchets ménagers sans récupération d'énergie</b></p> <p>Mise à jour à la baisse du FE PCDD-F sur l'année 2021 suite à la prise de correction de déclaration des sites émetteurs. Le FE PCB a subi le même changement.</p> <p><b>Incinération de déchets dangereux</b></p> <p>Mise à jour du FE PCDD-F sur la période 2016 - 2021 (baisse en 2016 et hausse entre 2017 et 2021) suite à la prise de correction de déclaration des sites émetteurs. Le FE PCB a subi le même changement.</p> <p><b>Incinération de déchets de soins</b></p> <p>Les émissions totales associées à l'incinération de déchets de soins sont pour partie issues des déclarations des sites émetteurs et pour partie associées à des FE spécifiques aux sites basées sur des déclarations d'années antérieures. La modification des données d'activités impact certains polluants à la hausse ou à la baisse en fonction des années et des substances inventoriées.</p> <p><b>Incinération de boues d'assainissement</b></p> <p>Aucun changement.</p> <p><b>Crémation</b></p> <p>Aucun changement.</p>
<b>5C2 - Open Burning</b>	
Données d'activité	<p>Mise à jour des quantités de déchets verts collectés par collecte sélective pour 2020 et 2021 qui impact les quantités de déchets verts gérés par les ménages et in fine les quantités brûlés. Cette mise à jour de données avec les dernières informations disponibles contribue à une diminution des quantités brûlés et des émissions associées.</p>

### 6.3.6 Améliorations envisagées

#### 6.3.6 Expected improvements

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Une amélioration de la prise en compte des quantités de câbles brûlés est envisagée.

## 6.4 Traitement des eaux (5D)

### 6.4 Wastewater handling

#### 6.4.1 Caractéristiques de la catégorie

##### 6.4.1 Main features

Le secteur 5D n'est pas catégorie clé en niveau en 2022. Le secteur 5D n'est pas catégorie clé en évolution.

En France, les eaux usées domestiques sont soit traitées en Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU), soit traitées de façon autonome en fosses septiques (voir très rarement par filtres biologiques ou en micro-stations aérobies), soit rejetées directement dans le milieu naturel.

La France compte plus de 22 600 stations d'épuration d'eaux usées (dites STEU ou STEP) recevant des eaux résidentielles, commerciales et industrielles qui représentaient une charge globale de 78.5 millions d'Equivalents-habitants (Eh). Des informations descriptives relatives à ce parc de STEU (capacité, type, conformité, commune d'implantation, etc.) sont mises à jour annuellement dans la Base de Données sur les Eaux Résidentielles Urbaines (BD ERU) publiée par le ministère de l'Environnement [752]. L'évolution des taux de collecte à ces STEU entre 1990 et 2005 est liée à la Loi sur l'eau de 1992 qui rend obligatoire la collecte et le traitement des eaux usées domestiques. Le transfert de la population avec rejets directs s'est d'abord effectué vers les traitements autonomes, puis de la population non raccordée à un système collectif vers les STEU. Toutes les eaux usées collectées sont traitées.

Le tableau suivant présente la part de la population dont les eaux sont traitées via les différents types de traitement en 2022.

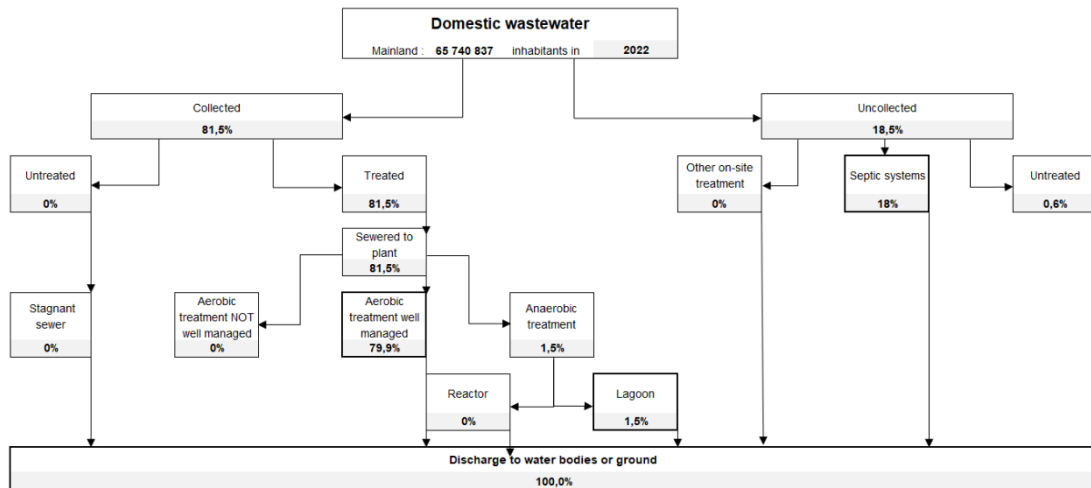


Figure 172 : Répartition de la population par type de traitement/rejet des eaux usées domestiques en Métropole

Les eaux usées d'une part assez importante (environ 187%) de la population sont traitées en fosses septiques, notamment dans les zones non équipées d'un réseau de collecte.

Les eaux usées d'une faible part de la population (environ 1%) restent rejetées directement dans le milieu naturel sans traitement.

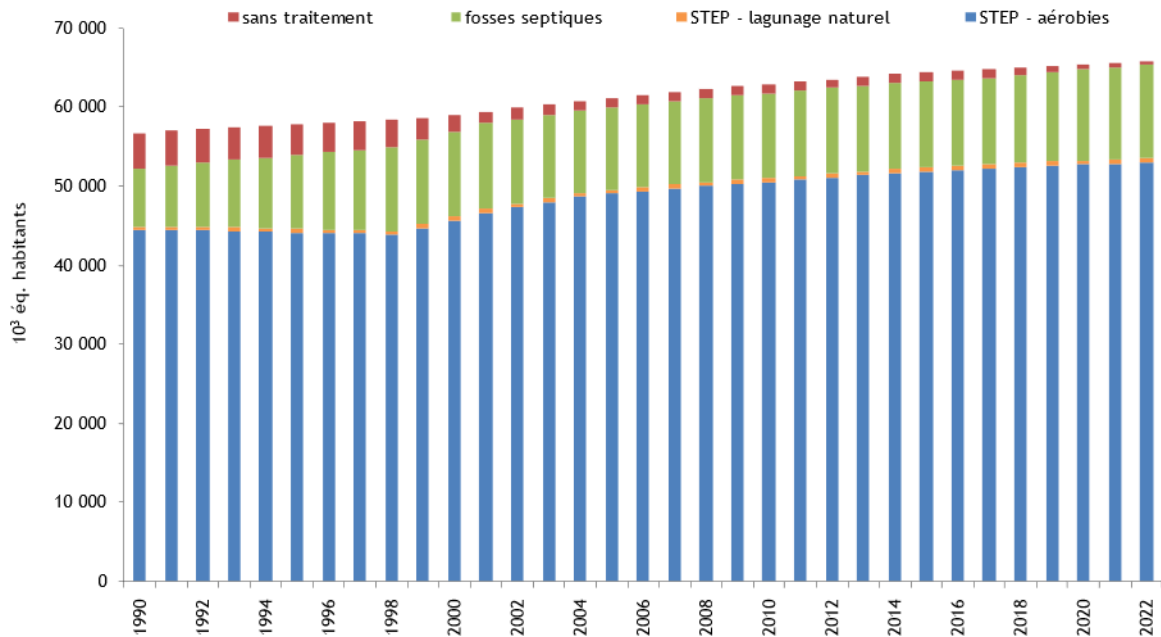
L'usage des latrines ou de toilettes sèches est très marginal bien que promu depuis quelques années dans les zones naturelles reculées (parcs nationaux/régionaux, stations de montagne, etc.).

Le tableau suivant présente la part de la population pour les principaux types de traitement (STEU, fosses septiques et rejets directs) au cours du temps.

**Tableau 184 : Part de la population pour les principaux types de traitement entre 1990 et 2020**

Année	1990	1995	2000	2005	2010	...	2020
Part de la population connectée à une STEU (%)	79	77	78	81	81	81	82
Part de la population connectée à une fosse septique (%)	13	16	18	17	17	17	17
Part de la population avec rejet direct (%)	8	7	4	2	2	2	1

L'évolution des taux de collecte à ces STEU entre 1990 et 2005 est liée à la Loi sur l'eau de 1992 qui rend obligatoire la collecte et le traitement des eaux usées domestiques. Le transfert de la population avec rejets directs s'est d'abord effectué vers les traitements autonomes, puis de la population non raccordée à un système collectif vers les STEU. Toutes les eaux usées collectées sont traitées.



Source CITEPA / format CCNUCC - mars 2024

Graph\_5.xlsx / Eaux

**Figure 173 : Evolution des modes de traitement des eaux usées domestiques**

Les eaux usées industrielles sont traitées soit en stations d'épuration collectives (recevant ou non des eaux domestiques), soit en stations d'épuration in situ. Les eaux traitées sont ensuite rejetées dans le milieu naturel (rivières, mer).

Les eaux usées industrielles des territoires d'Outre-mer ne sont pas prises en compte car celles-ci sont négligeables en raison d'une activité industrielle marginale.

## 6.4.2 Méthodes d'estimation des émissions

### 6.4.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

Dans cette catégorie, seules les émissions de COVNM des stations d'épuration des raffineries sont estimées.

#### **Emissions de COVNM**

Les émissions de COVNM des eaux industrielles sont estimées à partir du facteur d'émission Tier 1 du guide EMEP/EEA de 2023 [1072].

Les quantités d'eaux usées traitées par les industries, les rejets en azote, en DBO<sub>5</sub> et en DCO sont obtenus à partir des déclarations annuelles pour les années 2016, et entre 2019 et 2022. Celles-ci permettent également de distinguer les rejets isolés des rejets raccordés. Les années manquantes sont estimées sur la base d'une évolution annuelle de la production de l'industrie manufacturière en France. Les eaux usées rejetées par les stations d'épuration urbaines ont été déduites pour éviter tout double-compte.

Des émissions de COVNM peuvent également survenir lors des traitements des eaux usées domestiques dans les STEU. Le guide EMEP/EEA 20123 fourni un facteur d'émission de 15 mg COVNM / m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées [1072].

Les quantités d'eaux usées traitées sont récupérées des rapports des services publics d'eau et d'assainissement en France publiés par BIPE [1073]. Ces rapports existent depuis 2004 mais des données ont été extraites depuis 2006. Les années manquantes (publication généralement tous les 2 ans) sont estimées avec la moyenne des deux années connues. Les années antérieures à 2006 sont estimées en fonction de l'évolution de la population raccordées au réseau.

A noter que ces eaux usées traitées prennent en compte également une partie des eaux usées industrielles qui sont raccordées à ces STEP.

## 6.4.3 Incertitudes

### 6.4.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

## 6.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

### 6.4.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

## 6.4.5 Recalculs

### 6.4.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 185 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5D

5D - Waste water treatment	
COVNM	Pas de recalculs.

## 6.4.6 Améliorations envisagées

### 6.4.6 Expected improvements

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Aucune amélioration envisagée pour ce secteur.

## 6.5 Autres déchets (NFR 5E)

### 6.5 Other waste treatment

### 6.5.1 Caractéristiques de la catégorie

#### 6.5.1 Main features

La catégorie NFR 5E comporte les émissions relatives aux feux de bâtiments domestiques, industriels, artisanaux et agricoles, ainsi que les émissions liées aux feux de véhicules.

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 5E est source clé :

Tableau 186 : Polluants pour lesquels le secteur 5E est source clé

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
PM <sub>2,5</sub>	4	4,7%	-	-
Zn	4	8,2%	-	-

### 6.5.2 Méthodes d'estimation des émissions

#### 6.5.2 Methods for estimating emissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible en annexe électronique et sur le site internet suivant <https://www.citepa.org/fr/ominea/>.

- Feux de bâtiments

Cette catégorie correspond aux émissions lors des feux de bâtiments de tous types (habitations individuelles ou collectives ou bâtiments industriels, commerciaux ou agricoles), qu'ils soient d'origine criminelle ou accidentelle. Les émissions sont estimées en multipliant une activité par un facteur d'émission.

Pour les besoins d'application de la méthodologie EMEP/EEA [1198], l'activité correspond au nombre de feux de bâtiments en distinguant les types de bâtiments suivants :

- feux de maisons individuelles non mitoyennes (MINM)
- feux de maisons individuelles mitoyennes (MIM)



- feux d'immeubles (IM)
- feux de bâtiments industriels (IND)

En France, les données du nombre d'incendie par catégorie de bâtiments sont disponibles annuellement dans les statistiques des services d'incendie et de secours (SDIS) [566]. Le périmètre géographique couvert par ce rapport annuel ne comprend que la métropole et les DROM (Guadeloupe, Mayotte, la Réunion, la Martinique et la Guyane) sans prendre en considération les COM. De plus, la provenance des incendies n'est pas renseignée, par conséquent, la totalité des émissions sont allouées à la métropole. La dernière édition disponible est celle de 2021 et concerne les incendies de 2020. Le périmètre établi par ces statistiques est légèrement différent de celui nécessaire :

- feux d'habitations (HAB)
- feux d'ERP (établissement recevant du public) avec locaux à sommeil (ERP & LS)
- feux d'ERP sans locaux à sommeil (ERP sans LS)
- feux d'entrepôts et locaux industriels (ELI)
- feux de locaux artisanaux (LAR)
- feux de locaux agricoles (LAG)

Les correspondances suivantes sont effectuées entre les deux nomenclatures :

		Catégories EMEP 2023			
		MINM	MIM	IM	IND
Catégories SDIS (France)	HAB	x		x	
	ERP & LS			x	
	ERP sans LS			x	
	ELI				x
	LAR				x
	LAG				x

Concernant les feux d'habitations, une part est attribuée dans la catégorie "feux de maisons individuelles non mitoyennes" (MINM) et l'autre dans celle des "feux d'immeubles" (IM) en fonction des résultats des enquêtes de l'INSEE<sup>13</sup> sur les conditions de logement en France [1199]. La part des logement individuels dans le total des habitations a évolué très lentement dans le temps. La catégorie maisons individuelles mitoyennes" (MIM) n'est pas utilisée, tous les feux de maisons individuelles sont affectés à la catégorie maisons individuelles non mitoyenne" (MINM). Ainsi, la répartition des feux de bâtiments en France est la suivante :

<sup>13</sup> INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (direction générale du ministère français en charge de l'économie et des finances)

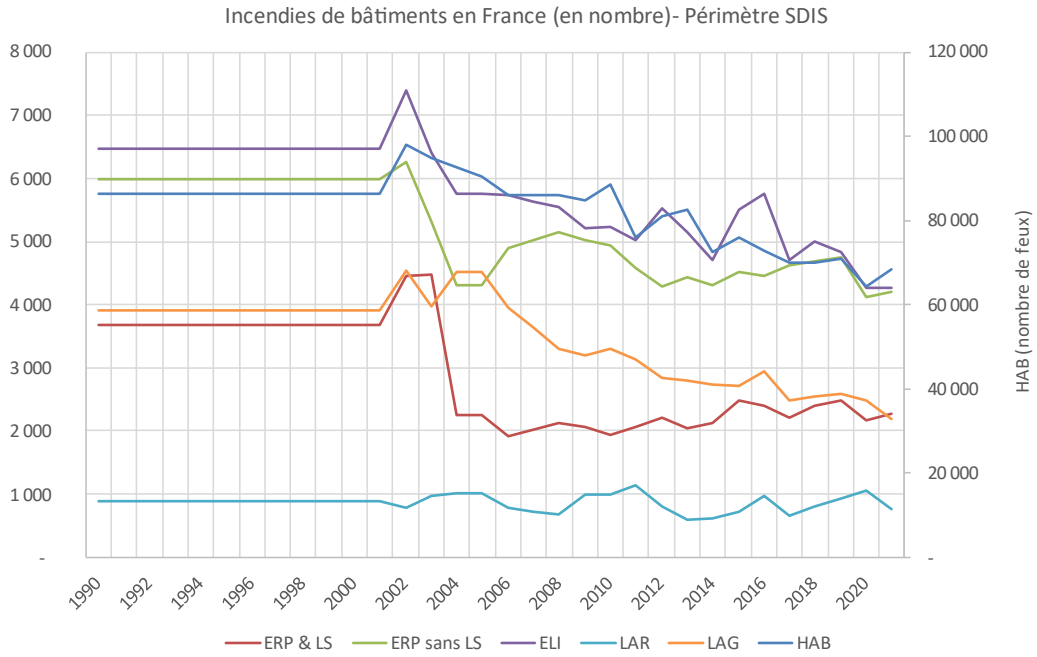


Figure 174 : Incendies de bâtiments en France (en nombre) - Périmètre SDIS - Dernière année disponible : 2021.

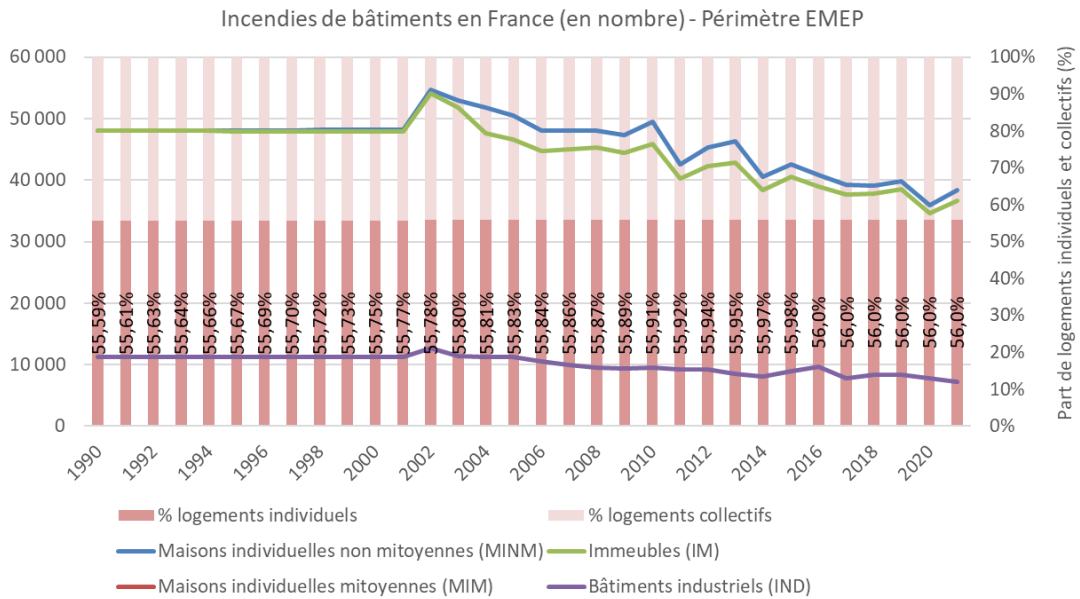


Figure 175 : Incendies de bâtiments en France (en nombre) - Périmètre EMEP - Dernière année disponible : 2021.

**Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, NH<sub>3</sub>, HAP, HCB, PCB**

Les émissions ne sont pas estimées.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Le facteur d'émission correspond aux valeurs par défaut proposées dans les lignes directrices EMEP/EEA [1198].

Type de bâtiment	FE TSP (kg/feux)
Detached house fire (MINM)	143,82
Undetached house fire (MINM)	61,62
Apartment building fire (IM)	43,78
Industrial building fire (IND)	27,23

#### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $PM_{1,0}$**

Le facteur d'émissions de  $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$  sont les valeurs par défaut proposées dans les lignes directrices EMEP/EEA [1198]. Faute d'information, le facteur d'émissions des  $PM_{1,0}$  est considéré comme égal à celui des  $PM_{2,5}$ .

Type de bâtiment	FE $PM_{10}$ (kg/feux)	FE $PM_{2,5}$ (kg/feux)	FE $PM_{1,0}$ (kg/feux)
Detached house fire (MINM)	143,82	143,82	143,82
Undetached house fire (MINM)	61,62	61,62	61,62
Apartment building fire (IM)	43,78	43,78	43,78
Industrial building fire (IND)	27,23	27,23	27,23

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de  $PM_{2,5}$  est estimé à 45% sur la base d'une étude sur la combustion des pneumatiques [739].

#### **Métaux lourds (ML)**

Les facteurs d'émissions du Pb, Cd, Hg, As, Cr et Cu correspondent aux valeurs par défaut proposées dans les lignes directrices EMEP/EEA [1198]. Les émissions des autres métaux lourds ne sont pas estimées.

Type de bâtiment	FE Pb (g/feux)	FE Cd (g/feux)	FE Hg (g/feux)	FE As (g/feux)	FE Cr (g/feux)	FE Cu (g/feux)
Detached house fire (MINM)	0,42	0,85	0,85	1,35	1,29	2,99
Undetached house fire (MINM)	0,18	0,36	0,36	0,58	0,55	1,28
Apartment building fire (IM)	0,13	0,26	0,26	0,41	0,39	0,91
Industrial building fire (IND)	0,08	0,16	0,16	0,25	0,24	0,57

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Le facteur d'émissions correspond à la valeur par défaut proposée dans les lignes directrices EMEP/EEA [1198].

Type de bâtiment	FE PCDD-F (mg/feux)
Detached house fire (MINM)	1,44
Undetached house fire (MINM)	0,62
Apartment building fire (IM)	0,44
Industrial building fire (IND)	0,27

- Feux de véhicules

### ***Données d'activité***

L'activité correspond au nombre de véhicules brûlés annuellement. Il existe plusieurs sources de statistiques relatives aux incendies de véhicules dont les causes peuvent être volontaires ou accidentelles. La source retenue est celle des pompiers (SDIS) [566] qui présente l'avantage d'être publique et mise à jour annuellement depuis 2002. La dernière édition disponible est celle de 2022 et concerne les incendies de 2021. Le périmètre géographique couvert par ce rapport annuel ne comprend que la métropole et les DROM (Guadeloupe, Mayotte, la Réunion, la Martinique et la Guyane) sans prendre en considération les COM. De plus, la provenance des incendies n'est pas renseignée, par conséquent, la totalité des émissions sont allouées à la métropole. De plus, cette source répertorie un nombre d'interventions (et non un nombre de véhicules brûlés) et ne fournit pas d'indication (dans sa version publique du moins) sur le type de véhicule (la gamme), ni sur la part des matières combustibles du véhicule ayant brûlé.

Il a donc été posé comme hypothèse que le nombre d'interventions correspond à un nombre de véhicules et que l'intégralité des matières combustibles du véhicule est brûlée comme dans le cas des essais menés par l'INERIS.

En outre, faute de données plus détaillées sur le parc de véhicules brûlés, il est considéré un poids moyen de 1 230 kg par véhicule brûlé (moyenne des poids des véhicules brûlés lors des essais) et une perte de poids moyenne de 16,7% (moyenne des essais réalisés) [1084].

### ***Emissions de SO<sub>2</sub>***

Les émissions ne sont pas estimées.

### ***Emissions de NO<sub>x</sub>***

Le facteur d'émission provient d'une étude réalisée par l'INERIS pour le compte de l'ADEME sur les feux de véhicules (entre autres) [1084]. Ce dernier est estimé à 4,1 kg NO<sub>x</sub>/Mg de matière perdue.

### ***Emissions de COVNM***

Les émissions ne sont pas estimées.

### ***Emissions de CO***

Le facteur d'émission provient d'une étude réalisée par l'INERIS pour le compte de l'ADEME sur les feux de véhicules (entre autres) [1084]. Ce dernier est estimé à 53 kg CO/Mg de matière perdue.

### ***Emissions de NH<sub>3</sub>***

Les émissions ne sont pas estimées.

### ***Emissions de poussières totales en suspension (TSP)***

Le facteur d'émission provient d'une étude réalisée par l'INERIS pour le compte de l'ADEME sur les feux de véhicules (entre autres) [1084]. Ce dernier est estimé à 83 kg TSP/Mg de matière perdue.

#### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 et 2,5 µm sont déterminées dans l'étude de l'INERIS [488].

**Tableau 187 : Granulométrie des TSP**

tranche granulométrique	% répartition des PM totales
PM <sub>10</sub>	100
PM <sub>2,5</sub>	100
PM <sub>1</sub>	(nd)

(nd) : non disponible

#### **Emissions de carbone suie / black carbon (BC)**

La part du BC dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> est estimé à 45% sur la base d'une étude sur la combustion des pneumatiques [739].

#### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions ne sont pas estimées.

(g/Mg perdue)	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
FE	0,39	0,71	14,07	59,33	0,38	4,02	30,67	0,39	3 344,67

#### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Le facteur d'émission provient d'une étude réalisée par l'INERIS pour le compte de l'ADEME sur les feux de véhicules (entre autres) [1084]. Ce dernier est estimé à 395 µg I-TEQ/Mg de matière perdue.

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Le facteur d'émission provient d'une étude réalisée par l'INERIS pour le compte de l'ADEME sur les feux de véhicules [567].

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions ne sont pas estimées.

#### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions ne sont pas estimées.

### 6.5.3 Incertitudes

#### 6.5.3 Uncertainties

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

## 6.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

### 6.5.4 QA/QC

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

## 6.5.5 Recalculs

### 6.5.5 Recalculations

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 188 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5E

<b>5E - Other waste</b>	
Donnée d'activité	Mise à jour du nombre de feux de véhicules et de bâtiments pour l'année 2021. Mise à jour du nombre de véhicules brûlés en 2021.
Facteur d'émission	Pas de changements.

## 6.5.6 Améliorations envisagées

### 6.5.6 Expected improvement

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Aucune amélioration envisagée pour ce secteur.

## 7. Autres (NFR 6) et émissions naturelles (NFR 11)

### 7. Other and Natural emissions

#### 7.1 Autres

##### 7.1 Others

Le secteur 6 « Autres » rassemble deux types d'émissions :

- le sous-secteur **6A**, compris dans le total national, est utilisé pour rassembler des émissions non incluses dans les autres secteurs, et censées être insignifiantes. En France, aucune émission n'est estimée pour ce sous-secteur.
- le sous-secteur **6B** n'est pas inclus dans le total national, mais rapporté « hors total national », car il s'agit d'émissions biogéniques, c'est-à-dire d'origine naturelle (même si elles ont lieu sur des terres gérées).

##### 7.1.1 Autres (NFR 6A)

###### 7.1.1 Other

Aucune émission n'est comptabilisée dans cette catégorie NFR.

Dans les tables NFR, la ligne associée à ce sous-secteur 6A est renseignée par la notation « NO » (not occurring).

##### 7.1.2 Autres (hors total national) (NFR 6B) : COV biotiques

###### 7.1.2 Other (not included in national total of the entire territory)

###### 7.1.2.1. Caractéristiques de la catégorie

###### 7.1.2.1 Main features

Les formations végétales présentes dans les forêts, les prairies et les cultures synthétisent naturellement des composés organiques volatiles, au cours de leur croissance, en réponse à des blessures, aux variations de températures, etc. On parle de COV biotique, ou biogénique.

Ces émissions biotiques de COVNM dépendent de multiples paramètres dont le type d'essence végétale, la masse foliaire, la superficie occupée par l'essence végétale, de la température et de la luminosité. Les fonctions d'émission faisant intervenir ces paramètres ne sont pas linéaires et certains de ces paramètres sont fortement variables au cours de l'année (masse foliaire, température, ensoleillement), de la journée (température, ensoleillement), de la localisation (espèce végétale, température, ensoleillement), etc. La méthode de calcul des émissions prend en compte ces différents paramètres.

Les émissions biotiques de COVNM répertoriées actuellement dans l'inventaire différencient les sous-ensembles suivants : Isoprène (ISO), Monoterpènes (MT) et Autres COV (ACOV).

L'intégration de tous ces éléments est réalisée dans le modèle COBRA (Composés Organiques de la Biomasse Rejetés dans l'Atmosphère) [92] développé par le Citepa. Ce modèle fait appel à diverses données pour caractériser l'activité de cette source [14, 292, 293].

Du fait de la structure de certaines données sources, l'ensemble des émissions de COVNM des forêts est actuellement rapporté dans la catégorie des forêts restant forêts pour la CCNUCC et en mémo item NFR pour la CEE-NU.

### 7.1.2.2. Méthodes d'estimation des émissions

#### 7.1.2.2 Methods for estimating emissions

##### **Emissions de COVNM**

Les émissions de COV biotiques sont estimées grâce au modèle COBRA (Composés Organiques de la Biomasse Rejetés dans l'Atmosphère) [92], développé par le Citepa, qui fait appel à diverses données pour caractériser l'activité de cette source [14, 292, 293] et dont les principaux éléments sont présentés ci-après.

Les algorithmes utilisés par le modèle COBRA appliquent l'équation suivante :

$$EM = \varepsilon \cdot D \cdot S \cdot \gamma$$

avec :

- EM : Emissions de COVNM par essence végétale,
- $\varepsilon$  : Taux normalisé d'émission,
- D : Densité de feuillage ou coefficient de biomasse foliaire,
- S : Superficie recouverte par l'essence végétale,
- $\gamma$  : Facteur environnemental correctif (généralement lié à la température et à la luminosité),

Les paramètres sont expliqués ci-dessous de manière succincte. Pour le détail des calculs, se rapporter au rapport spécifique sur le modèle [92].

##### Taux normalisé d'émission ( $\varepsilon$ )

Le modèle comporte six taux normalisés d'émission ( $\varepsilon$ ) pour la forêt. Ils sont classés en quatre catégories :

- les feuillus forts émetteurs d'isoprène,
- les feuillus faiblement émetteurs d'isoprène,
- les feuillus non émetteurs d'isoprène,
- les conifères.

Ils sont exprimés en fonction de la température et de la luminosité. Il est considéré que les essences productrices d'isoprène émettent seulement le jour et que les essences à l'origine d'autres composés chimiques (terpènes et autres) émettent indifféremment le jour et la nuit.

##### Densité de feuillage (D)

La densité de feuillage forestier est déterminée pour cinq essences d'arbres feuillus (le chêne, le platane, le peuplier, le saule, le palmier) et deux familles de végétation (autres feuillus, conifères). A chacune de ces sept familles est attribué le taux normalisé d'émission ( $\varepsilon$ ) adéquat.

##### Surfaces des peuplements (S)

Les surfaces forestières par département des 27 essences retenues pour la réalisation de l'inventaire sont issues de l'IFN [292]. Comme il est fréquent de rencontrer en forêt des essences en mélange, l'essence à prendre en considération pour le décompte des surfaces est celle qui correspond au plus grand couvert libre dans un rayon de 25 m. Une résolution plus fine de l'inventaire forestier est également utilisée afin d'attribuer spécifiquement aux hautes altitudes avec les températures appropriées les surfaces réelles par essence et par département en prenant en compte le nombre de tiges par région forestière. Les résultats de surface par région forestière sont donc déduits du nombre de tiges par région forestière et par département et la surface du département. Les surfaces de cultures et de prairies par



département sont issues de l'AGRESTE, statistiques agricoles [85] remises à jour annuellement.

Facteur environnemental correctif ( $\gamma$ ) :

Les algorithmes utilisés pour calculer les flux d'émissions sont ceux de Guenther [294] qui tiennent compte de la température foliaire et indirectement du rayonnement.

La température foliaire est assimilée dans le cadre de cet inventaire à la température ambiante. Les données de températures sont issues du réseau de RENECOFOR (REseau National de suivi à des ECOSystèmes FORestiers) [293] de l'Office National des Forêts. Ce réseau est constitué d'un peu moins de trente stations de mesure de température réparties sur tout le territoire, de 1996 à nos jours. Il est complété à partir des moyennes de températures mensuelles éditées dans le CPDP [14] (valeurs de Météo France) de 1988 à 1995, grâce à une correspondance établie entre des mois de thermicité identique de la période 1996-2001. Ce qui signifie que ce sont des moyennes mensuelles de températures récentes, sélectionnées selon leur propriété à ressembler aux situations antérieures à 1996, qui ont été utilisées pour les années 1988 à 1996.

Le rayonnement est pris en compte sous la forme du PAR (Photosynthetically Active Radiation), utilisé dans l'équation de Guenther [294] qui correspond à une fraction du rayonnement global (RG) comprise entre 400 et 700 nm. Sa valeur est donc estimée selon  $PAR = 0,45 RG$  (Lambert [295]).

Résultats :

Le calcul des émissions suit donc un processus de type bottom-up spatio-temporel. Un module de calcul développé par le CITEPA permet de déterminer les émissions par catégorie d'essence végétale, par mois, par département et pour les catégories de COVNM : isoprène (ISO), monoterpènes (MT) et autres COV (ACOV) [296].

Le facteur d'émissions moyen sur les forêts françaises de la métropole varie autour de 80 kg/ha. Il varie d'une année à l'autre en fonction des conditions climatiques, ce qui peut engendrer des écarts très significatifs sur des périodes mensuelles et/ou des zones géographiques particulières.

Les émissions biotiques de COVNM représentent une part importante des émissions totales de COVNM. Cependant, ces émissions ne sont pas prises en compte dans les totaux nationaux de certains formats d'inventaire mais interviennent de façon notable dans les processus photochimiques conduisant à la formation de composés tels que l'ozone.

La méconnaissance des valeurs des paramètres pris en compte dans les calculs pour ce qui concerne les forêts tropicales ne permet pas d'appliquer le modèle en dehors de la métropole, notamment en Guyane, territoire où se situe une part importante de la forêt française.

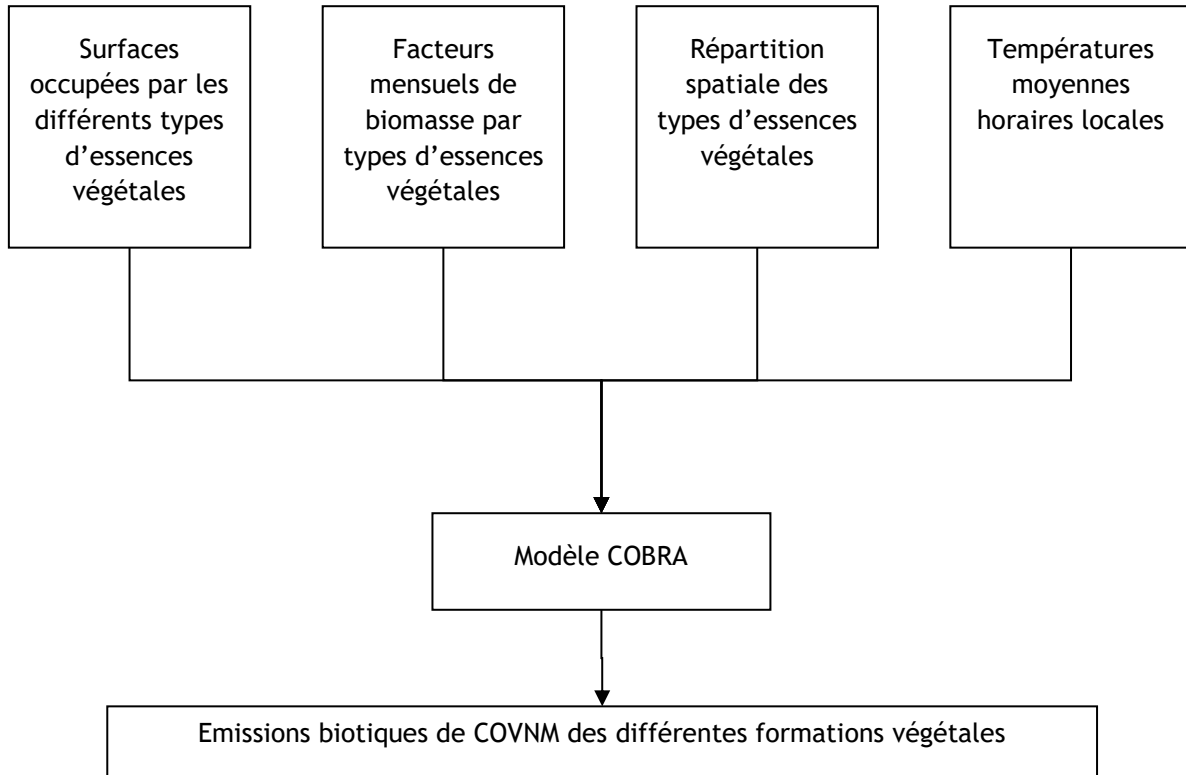


Figure 176 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.

### 7.1.2.3. Incertitudes

#### 7.1.2.3 *Uncertainties*

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### 7.1.2.4. Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

#### 7.1.2.4 *QA/QC*

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

### 7.1.2.5. Recalculs

#### 7.1.2.5 *Recalculations*

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Dans l'édition précédente, étaient rapportées en 6B les émissions de COVNM et de NO<sub>x</sub> de l'agriculture. Ces émissions sont désormais rapportées dans les catégories NFR pertinentes.

### 7.1.2.6. Améliorations envisagées

#### 7.1.2.6 *Expected improvement*

Aucune amélioration n'est envisagée à court terme pour ce secteur.

## 7.2 Emissions naturelles (NFR 11) (hors total notional)

### 7.2 Natural emissions

### 7.2.1 Volcans (NFR 11A)

#### 7.2.1 Volcanoes

En France, les émissions des volcans ont toutes lieu en Outre-mer, en dehors du périmètre du rapportage CEE-NU, qui se limite à la métropole. Aucune émission n'est donc comptabilisée dans cette catégorie NFR.

### 7.2.2 Feux de forêts (NFR 11B)

#### 7.2.2 Forest fires

#### 7.2.2.1. Caractéristiques de la catégorie

##### 7.2.2.1 Main features

Les émissions de polluants atmosphériques des feux de forêts ainsi que celles du brûlage sur site de résidus de récolte de bois sont exclues du total national, et sont rapportées en « hors total ».

Dans les deux cas, la combustion de biomasse génère des émissions de différents polluants : SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, NH<sub>3</sub>, particules.

Par ailleurs, du fait de la présence de certains métaux ou éléments dans la biomasse, des émissions de métaux lourds et de certains polluants organiques persistants sont aussi possibles. Parmi elles, seules les émissions de HAP et de PCDD-F sont estimées.

#### 7.2.2.2. Méthodes d'estimation des émissions

##### 7.2.2.2 Methods for estimating emissions

#### Données d'activité : quantités brûlées

Les feux de forêts génèrent des perturbations importantes des stocks de carbone forestier. Ils provoquent des flux très variables et parfois importants de CO<sub>2</sub> de la biomasse vivante vers l'atmosphère.

La combustion de biomasse lors des feux de forêt génère des émissions de différents polluants : SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, NH<sub>3</sub>, particules. Par ailleurs, du fait de la présence de certains métaux ou éléments dans la biomasse, des émissions de métaux lourds et de certains polluants organiques persistants sont aussi possibles. Parmi elles, seules les émissions de HAP et de PCDD-F sont estimées.

En France métropolitaine, pour estimer les émissions des incendies de forêt, on considère séparément deux grandes zones : la zone méditerranéenne, qui est plus sujette aux incendies de forêt que le reste du territoire, et qui présente une densité de biomasse inférieure aux autres forêts métropolitaines, et le reste du territoire. La constitution des surfaces brûlées pour la série temporelle de 1990 à aujourd'hui repose sur trois principales sources de données :

- La Base de données des feux de forêt en France (**BDIFF**) [723] qui couvre l'ensemble de la France métropolitaine depuis 2006 avec un niveau d'information renseigné à l'échelle de la commune.
- La base de données « **Prométhée** » [297], créée en 1973. Cette base de données renseigne les feux de forêt et de garrigue uniquement sur certains départements du Sud-Est de la France.
- Des dossiers et communiqués de presse émanant du ministère de l'Agriculture [298].

Les surfaces incendiées sont regroupées au sein d'entités géographiques les plus homogènes possible qui varient selon la source d'information. L'ensemble de la série temporelle est reconstitué comme suit, de façon antéchronologique :

- **2022 à 2006** : Utilisation des données issues de BDIFF pour l'ensemble de la France métropolitaine disponibles à l'échelle communale.
- **2006 à 1990** : La base de données Prométhée fournit les surfaces incendiées pour 15 départements du sud-est. Le total des surfaces Prométhée est soustrait au total de la surface métropole renseignée par le Dossier de Presse ministériel. Le résultat est ensuite découpé à l'échelle départementale selon le poids de chaque département déterminé à partir des données réelles observées entre 2006 et 2016 issues de la BDIFF.

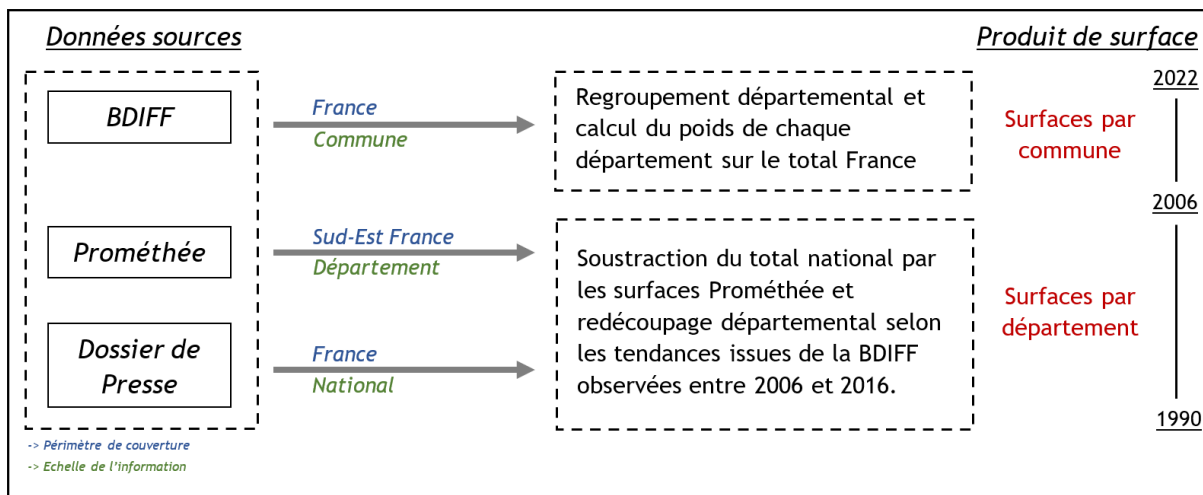


Figure 177 : Méthodologie utilisée pour la reconstitution des surfaces incendiées en forêt depuis 1990

La précision des données de la BDIFF, depuis 2006, apporte des informations supplémentaires sur le type de surfaces incendiées au sein de la catégorie « feux de forêt ». On distingue ainsi trois grandes catégories de surfaces : les surfaces strictement « en forêt » et les surfaces dites « hors forêt » composées d'incendies sur des terres boisées et des terres non boisées. Cette distinction étant seulement disponible après 2006, le profil de type de surfaces brûlées par région post 2006 est appliqué aux années antérieures.

En Outre-mer appartenant à l'UE (périmètre Kyoto), différentes sources sont utilisées pour estimer les surfaces brûlées : la BDIFF [723], la DRAAF Réunion [601] pour cette île qui est le seul territoire d'Outre-Mer fréquemment sujette à des incendies ; et divers documents officiels [724, 725, 726] pour tenir compte de la particularité de ces territoires (cultures sur brûlis, feux de brousse). En Outre-mer hors UE, des surfaces brûlées sont uniquement rapportées en Nouvelle-Calédonie, sur la base de produits satellites (MODIS [1205]).

Tableau 189 : Surfaces incendiées en France depuis 1990, en hectare

Feu-for.xlsx

ANNEE	METROPOLE	METROPOLE	OUTRE-MER	OUTRE-MER UE
	(Zone Prométhée)	(hors Zone Prométhée)	(inclus dans l'UE)	(non inclus dans l'UE)
1990	53 897	18 728	1 055	15 565
1991	6 549	3 581	1 036	15 565
1992	12 765	3 828	1 055	15 565
1993	11 901	4 797	1 043	15 565
1994	22 605	2 390	1 033	15 565
1995	9 988	8 149	1 067	15 565
1996	3 119	8 281	1 502	15 565
1997	12 250	9 331	1 015	15 565
1998	11 243	8 039	1 111	15 565
1999	12 782	3 124	1 808	15 565
2000	18 860	5 218	1 021	1 542
2001	17 965	2 677	1 094	5 648
2002	6 298	23 871	1 080	38 424
2003	61 424	11 576	1 013	17 875
2004	10 596	3 104	1 018	31 481
2005	17 356	5 044	1 068	13 843
2006	5 234	1 790	1 082	14 343
2007	6 343	713	1 013	5 415
2008	3 491	1 219	1 052	3 117
2009	10 751	3 768	1 065	11 575
2010	5 897	2 627	1 989	10 010
2011	3 993	2 807	3 728	13 850
2012	3 858	3 715	1 735	4 232
2013	1 838	895	614	12 170
2014	3 814	919	1 584	16 103
2015	2 771	4 951	1 414	15 836
2016	12 039	2 049	1 103	16 785
2017	19 335	3 708	319	38 026
2018	2 995	943	634	10 361
2019	7 758	5 371	2 168	39 536
2020	7 131	3 679	492	5 892
2021	10 509	2 327	360	17 065
2022	14 680	44 012	296	2 283

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émissions spécifiques à chaque type de surface et à chaque compartiment carbone. Pour la biomasse par exemple, les émissions dépendent de la quantité de matière sèche effectivement brûlée et sont calculées selon l'équation suivante (Giec, 2006) :

*Equation 1 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.14 du GIEC 2006 [672])*

$$L_{\text{wild\_fires}} = \sum_i A_{\text{burnt}(i)} \bullet BW_i \bullet \text{Frac\_burn}_i \bullet CF$$

Avec :

$L_{\text{wild\_fires}}$	=	Pertes de carbone annuelle liée aux feux, t C/an
$i$	=	Sylvoécocorrégion (85 sylvoécocorrégions en France métropolitaine)
$A_{\text{burnt}(i)}$	=	Surface brûlée annuelle dans la sylvoécocorrégion $i$ , ha
$BW_i$	=	Stock de biomasse aérienne sur les surfaces brûlées dans la sylvoécocorrégion $i$ , t MS/ha
$\text{Frac\_burn}_i$	=	Fraction de la biomasse effectivement brûlée brûlées dans la sylvoécocorrégion $i$
$CF$	=	Fraction en carbone de la biomasse, t C/t MS (0,475)

Pour les autres compartiments le principe est similaire mais se base sur un stock en quantité de carbone directement. Les stocks par compartiment carbone sont spécifiés par types de surfaces (forêt, terres boisées et terres non boisées) et par sylvo-écocorrégion ou par GRECO (grande région écologique) sur la base des stocks utilisés dans le modèle de variation par maille (voir section UTCATF - général).

**Tableau 190: Stocks par compartiment et type de surface brûlée utilisés pour le calcul des émissions liées aux feux de forêts**

Stocks par compartiment carbone (en tMS ou tC)	Surfaces en forêt	Surfaces en terres boisées hors forêt	Surfaces en terres non boisées
Biomasse aérienne ligneuse	129 tMS/ha (40 - 247) <sup>1</sup>	15 tMS/ha Médinet, 2018 - Shrubland [993]	0 tC/ha
Feuillage	<i>Non estimé</i>	<i>Non estimé</i>	0 tC/ha
Biomasse herbacée	<i>Non estimé</i>	<i>Non estimé</i>	4,1 tMS/ha Giec, 2006 - Grassland tempéré [437]
Litière	8,5 tC/ha (6,3 - 12,7) <sup>2</sup>	<i>Non estimé</i>	0 tC/ha
Bois mort		<i>Non estimé</i>	
Racines		<i>Non estimé</i>	
Sol minéraux (0-30cm)		<i>Non estimé</i>	

<sup>1</sup> moyenne, min et max par sylvoécotones [voir section UTCATF -général]

<sup>2</sup> moyenne, min et max par GRECO [voir section UTCATF -général]

Un facteur de combustion (Frac Burn) est ensuite appliqué à chaque compartiment carbone pour estimer les pertes par combustion.

**Tableau 191 : Facteurs de combustion par compartiment carbone en fonction des surfaces incendiées**

Stocks par compartiment carbone (en tMS ou tC)	Surfaces en forêt	Surfaces en terres boisées hors forêt	Surfaces en terres non boisées	Végétation Tropicale
Biomasse aérienne ligneuse	21% (10% - 27%) *	72% Giec, 2006 - Table 2.6 [437]	-	20% [795]
Végétation herbacée	<i>Non estimé</i>	<i>Non estimé</i>	74% Giec, 2006 - Table 2.6 [437]	77% [437]
Litière	76% (70% - 90%) *	<i>Non estimé</i>	-	<i>Non estimé</i>

\* Pour les surfaces en forêt les facteurs de combustion sont estimés en fonction des peuplements pour chaque GRECO à partir des données issues de Mouillot et al., 2006 (Table 2) [1276].

Pour chaque ancienne région, des facteurs d'émissions liés au profil de végétation brûlée, aux stocks de référence et aux fractions brûlées sont déduits pour la période post 2006. Ils sont réutilisés pour la période 1990-2006, et appliqués aux surfaces estimées hors BDIFF pré 2006.

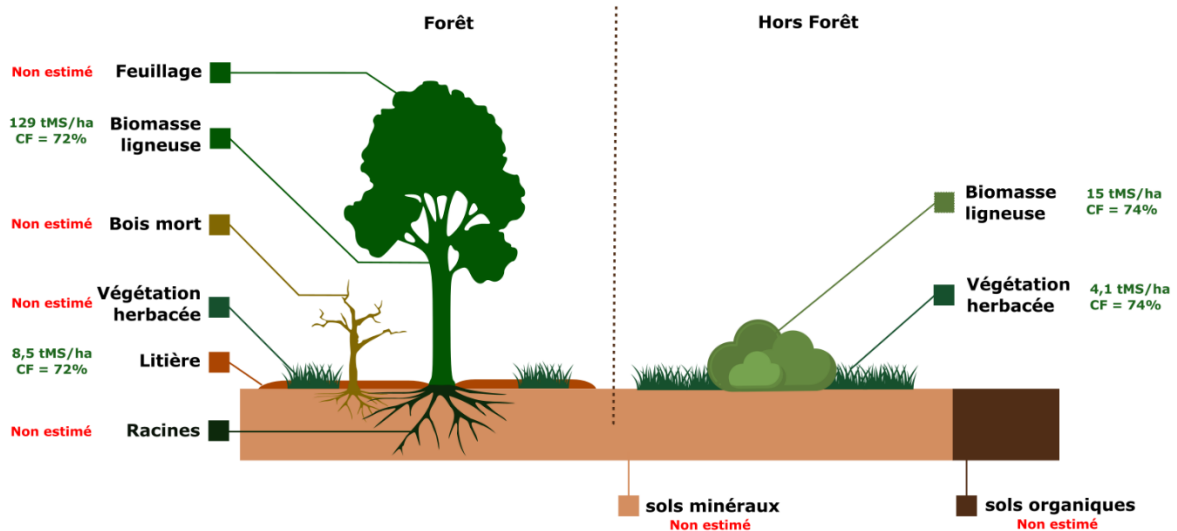


Figure 178 : Synthèse des compartiments carbone estimés dans le calcul feux de forêt

Les facteurs d'émissions de gaz à effet de serre et de polluants pour les feux sont présentés plus bas.

#### Brûlage sur site de résidus de récolte de bois

Le brûlage sur site réalisé au cours de la récolte de bois est pris en compte et génère différents gaz à effet de serre directs et indirects, ainsi que des polluants (N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO et CH<sub>4</sub>) en plus du CO<sub>2</sub>. Le volume de bois brûlé sur site est mal connu. Il est donc estimé à partir des données par défaut du GIEC en supposant que 10% de la biomasse aérienne est laissée en décomposition et que le reste des rémanents est brûlé ce qui correspond à une fourchette de 4% à 15% de la biomasse aérienne totale selon les essences.

Les émissions de brûlage sur site de résidus de récolte de bois sont estimées à partir des facteurs d'émission du GIEC 2006.

*Équations 2 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.27 du GIEC 2006 [672])*

Emissions = Quantité\_brûlée • Facteur\_oxydation • Facteur\_Emission

Avec :

Emissions = Emissions de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO et NO<sub>x</sub>, t  
 Quantité\_brûlée = Quantité de matière sèche mise à brûler, t MS  
 Facteur\_oxydation = Part de la matière sèche réellement brûlée (valeur utilisée : 90%)  
 Facteur\_Emission = Facteur d'émission en kg / t brûlée (CH<sub>4</sub> = 4.7 // CO = 107 // NO<sub>x</sub> = 3 // N<sub>2</sub>O = 0.26)

#### Facteurs d'émission

Selon la disponibilité des facteurs d'émission les émissions sont basées soit sur la biomasse brûlée soit sur les surfaces brûlées. Lorsque les facteurs d'émissions sont basés sur la surface brûlée, les facteurs d'émission sont spécifiques à chacune des deux zones (zone méditerranéenne et reste de la métropole) pour refléter dans la mesure du possible les différences de type de végétation et leur densité.

#### Emissions de SO<sub>2</sub>

##### Emissions de SO<sub>2</sub> liées au brûlage

Les émissions des feux de forêt sont estimées au moyen de facteurs d'émission de 24 kg/ha (zone tempérée) et de 6 kg/ha (zone méditerranéenne) tirés du Guidebook EMEP / CORINAIR [17].

#### Emissions de NO<sub>x</sub>

##### Emissions de NO<sub>x</sub> liées au brûlage

Les émissions de NO<sub>x</sub> des feux de forêt sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 0,3 kg/t m.s (métropole) et de 1,6 kg/t m.s (Outre-mer) tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

### **Emissions de COVNM**

#### Emissions de COVNM liées au brûlage

Les émissions des feux de forêt sont estimées au moyen de facteurs d'émission de 280 kg/ha (zone tempérée) et de 71 kg/ha (zone méditerranéenne) tirés du Guidebook EMEP / CORINAIR [17].

### **Emissions de CO**

#### Emissions de CO liées au brûlage

Conformément aux recommandations du GIEC [672], la génération de CO issu de la combustion sur site de biomasse au cours de la récolte de bois ou d'un défrichement est prise en compte. Lors de l'exploitation, la part de biomasse brûlée correspond au solde une fois prises en compte la récolte et la part laissée en décomposition. Elle est en moyenne de 13%. Les facteurs d'émission proviennent des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Les émissions des feux de forêts sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 107 kg/t m.s (métropole) et de 104 kg/t m.s (Outre-mer) tirés des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

### **Emissions de NH<sub>3</sub>**

#### Emissions de NH<sub>3</sub> liées au brûlage

Les émissions de NH<sub>3</sub> pour les feux de forêt sont estimées au moyen de facteurs d'émissions de 24 kg/ha (zone tempérée) et de 6 kg/ha (zone méditerranéenne) tirés du Guidebook EMEP / CORINAIR [17].

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP)**

Le brûlage sur site et les feux de forêt engendrent de grandes quantités d'imbrûlés solides. Ces émissions, qui sont particulièrement aléatoires et présentent une très grande variabilité, sont estimées pour les feux de forêts uniquement, et non pour les feux de végétation hors-forêt. Les facteurs d'émission utilisés sont de l'ordre de 17 kg/t.ms [66].

### **Emissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

Des ratios exprimés par rapport aux particules totales (66% et 60% pour estimer respectivement les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub>) sont utilisés [66]. Ces ratios présentent une très forte incertitude.

### **Métaux lourds (ML)**

Des émissions de métaux lourds, généralement très faibles, sont susceptibles de survenir lors du brûlage sur site et d'incendies de forêts par suite de la présence de certains métaux (Zn, Cr, Cu) dans la biomasse. Cette présence peut être naturelle (traces parfois liées à la nature des sols) ou anthropique (bois mitraillés par exemple). Les émissions de métaux lourds liées aux feux de forêt sont actuellement négligées dans les inventaires.

### **Dioxines et furannes (PCDD-F)**

Des émissions de dioxines peut se produire au cours des incendies de forêts du fait de la présence d'éléments chlorés provenant des aérosols marins [802]. Les éléments disponibles jusqu'à présent n'ont pas été jugés assez probants pour retenir des valeurs permettant de quantifier les émissions dans les inventaires.

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de HAP des feux de forêt sont estimées sur la base de facteurs d'émissions tirés de l'étude AER [188].



Tableau 192 : Facteurs d'émissions de HAP utilisés pour les feux de forêt

HAP	Facteur d'émission (g/Mg)
FluorA	3.4
BaA	3.1
BbF	4.3
Bkf	2.2
BaP	7.2
IndPy	2.8
BghiPe	2.5

**Polychlorobiphényles (PCB)**

Aucune émission n'est estimée pour ce secteur.

**Hexachlorobenzène (HCB)**

Aucune émission n'est estimée pour ce secteur.

**7.2.2.3. Incertitudes****7.2.2.3 Uncertainties**

La combustion lors des incendies de forêt n'étant par nature pas maîtrisée, la représentation des émissions reste imprécise. La variabilité des émissions dans l'espace et dans le temps est donc à l'origine d'une incertitude élevée que l'utilisateur de ces données s'efforcera de conserver à l'esprit.

En outre, l'estimation des pertes de carbone lors des feux de forêt ne prend pas en compte les réservoirs de litière et de bois mort.

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

**7.2.2.4. Contrôle et assurance qualité (QA/QC)****7.2.2.4 QA/QC**

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

**7.2.2.5. Recalculs****7.2.2.5 Recalculations**

<b>11B - Feux de Forêts</b>	
Donnée d'activité	Plusieurs évolutions méthodologiques ont permis d'améliorer significativement l'estimation des quantités de matière brûlée : ajout d'un facteur de combustion spécifique à chaque compartiment carbone étudié, ajout d'un compartiment litière dans l'estimation de la matière organique brûlée (autrefois non-estimé), prise en compte plus fine du type de terre brûlée (forêt, hors forêt boisé, maquis).

**7.2.2.6. Améliorations envisagées****7.2.2.6 Expected improvement**

Concernant les feux de forêt, le Citepa utilise désormais des données de la base de données sur les incendies de forêt (BDIFF), ce qui permet d'affiner le calcul des types de forêts brûlées et donc d'améliorer la précision de l'inventaire. Une approche plus fine et spatialement explicite est envisagée, utilisant d'autres données cartographiques comme EFFIS (European Forest Fire Information System - système d'information européen sur les feux de forêts).

L'utilisation de facteurs d'émissions pour les dioxines et furannes (PCDD-F) est envisagée, sur la base d'une étude de l'Ineris, (INERIS, Facteurs d'émission de polluants de feux simulés de forêt et de décharge. Ineris/Ademe Novembre 2004, 17 p).

### 7.2.3 Autres émissions naturelles (11C) : éclairs

#### 7.2.3 Other natural emissions: lightnings

#### 7.2.3.1. Caractéristiques de la catégorie

##### 7.2.3.1 Main features

Les éclairs constituent une importante source naturelle d'oxydes d'azote. Bien que cette source produise moins de 20 % de NO<sub>x</sub> que les sources anthropiques, elle est la plus efficace en ce qui concerne la production d'ozone (O<sub>3</sub>). En effet, contrairement aux sources anthropiques qui produisent les NO<sub>x</sub> en surface, les éclairs les produisent en altitude où, le temps de vie des NO<sub>x</sub> est supérieur à celui qu'ils ont en surface et les réactions photochimiques sont favorisées. Ainsi, la production d'ozone est plus importante. Au cours des orages, les décharges électriques que constituent les éclairs provoquent localement des augmentations de température très fortes (jusqu'à 30 000 K) qui induisent une forte ionisation des molécules présentes, notamment celles d'oxygène et d'azote. Ce phénomène conduit à la formation de NO qui reste stable par l'effet de trempe lié à la baisse brutale de la température.

Il convient de différencier les éclairs IC (de type nuage-nuage ou intra-nuage (inter- et intra-nuage, IC)) et CG (de type nuage-sol). Les éclairs IC se produisent à des altitudes supérieures à environ 5 km et peuvent être négligés dans certains modèles de couche limite, tandis que les éclairs CG peuvent atteindre le sol depuis environ 7 km d'altitude (au nord de 30° de latitude) ou 10 km d'altitude (au sud de 30° de latitude). Seuls les éclairs de type « nuage-sol » sont considérés. Les éclairs de type « nuage-nuage » ne sont pas pris en compte (il a été rapporté que les rejets IC peuvent être jusqu'à dix fois moins efficaces dans la production de NO<sub>x</sub> que les rejets CG).

L'activité est caractérisée par le nombre d'impacts de foudre et/ou d'arcs de foudre recensés par les services météorologiques [299]. La répartition géographique de ces données est disponible. La valeur de l'année 1989 est appliquée rétrospectivement de manière uniforme à toutes les années antérieures.

Les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission associé à l'activité.

#### 7.2.3.2. Méthodes d'estimation des émissions

##### 7.2.3.2 Methods for estimating emissions

##### Emissions de NO<sub>x</sub>

La foudre engendre la formation de NO. Les émissions sont égales au produit du nombre de moles de NO produit par Joule et l'énergie développée par un éclair. Le facteur d'émission est issu du Guidebook EMEP/EEA [912]. Le NO formé est distribué de manière décroissante avec la hauteur en fonction de la densité de l'air. Pour un éclair de 7 km, environ 20 % des émissions se produisent alors dans les 1 000 m les plus bas, et 80 % entre le niveau du sol et 5 km. Par conséquent, seulement 20% des émissions de NO<sub>x</sub> produites par éclair (produites à moins de 1 000 m) sont considérées dans l'inventaire.

$$CG_{NO} = E \times M$$

où :

CG<sub>NO</sub> = NO produit par la partie nuage-sol de l'éclair,

E = 4 x 10<sup>8</sup> J par éclair nuage-sol,

M = 9 x 10<sup>16</sup> molécules NO/J

Calculé en unités de masse, on obtient 2,75 kg de NO<sub>x</sub> (en équivalent NO<sub>2</sub>) par éclair. Environ 20 % de cette quantité est supposée être émise en dessous de 1 km d'altitude, 80 % en dessous de 5 km d'altitude.

### **Emissions des autres polluants**

Il n'est pas attendu d'émission pour les autres polluants que le NO<sub>x</sub>.

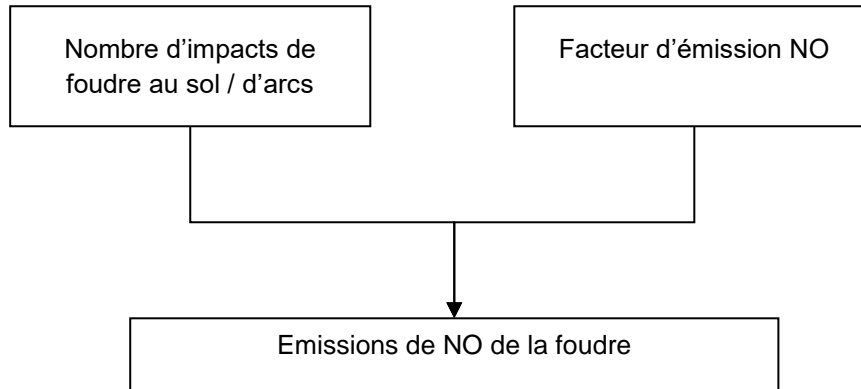


Figure 179 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.

### **7.2.3.3. Incertitudes**

#### *7.2.3.3 Uncertainties*

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

### **7.2.3.4. Contrôle et assurance qualité (QA/QC)**

#### *7.2.3.4 QA/QC*

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

### **7.2.3.5. Recalculs**

#### *7.2.3.5 Recalculations*

Aucun recalcul.

### **7.2.3.6. Améliorations envisagées**

#### *7.2.3.6 Expected improvement*

Aucune amélioration n'est envisagée à court terme pour ce secteur.

## 8. Modifications et améliorations

### 8. Recalculations and improvements

#### 8.1 Modifications

##### 8.1 Recalculations

Chaque année, diverses révisions sont apportées aux résultats des inventaires. Ces révisions sont de deux ordres, méthodologiques d'une part et statistiques d'autre part. Elles répondent à la fois aux exigences des Nations Unies et s'inscrivent dans un processus d'amélioration continue permettant de réduire les incertitudes et d'apporter une plus grande exactitude aux inventaires.

Les principales justifications motivant les révisions annuelles sont :

- les mises à jour rétroactives des statistiques : la dernière année de l'inventaire correspond à l'année n-2 pour une soumission le 15 mars de l'année n aux Nations Unies. Or, certaines statistiques (consommations d'énergie, productions) peuvent ne pas être disponibles pour l'année n-2 lors de la compilation de l'inventaire, de fait au dernier trimestre de l'année n-1. Dans certains cas, les séries statistiques historiques peuvent être révisées entièrement ;
- les ruptures statistiques : dès l'arrêt de la diffusion d'une statistique, une méthode alternative est développée ;
- les améliorations méthodologiques consécutives :
  - aux décisions prises par le GCIE, piloté par le Ministère français en charge de l'environnement,
  - aux remarques faites lors des revues officielles des Nations Unies sur l'inventaire de la France,
  - aux conclusions des procédures d'assurance qualité,
  - à la disponibilité de nouvelles règles d'estimation et/ou de notification des émissions,
  - à la disponibilité de nouvelles informations et méthodologies ;
- les corrections d'erreurs et d'anomalies ;
- la prise en compte d'une nouvelle source d'émission ou de nouveaux polluants relatifs à une activité.

Après chaque soumission de l'inventaire, le programme d'amélioration est mis à jour en traitant prioritairement les catégories clés.

Les modifications apportées sont appliquées rétrospectivement à l'ensemble de la série historique depuis l'année de référence des polluants considérés (1980, 1988 ou 1990), ceci permettant d'assurer la cohérence des émissions sur l'ensemble de la période étudiée.

Toutes les révisions effectuées lors d'une nouvelle édition de l'inventaire sont, au préalable, soumises à l'avis/approbation du GCIE, piloté par le Ministère français en charge de l'environnement.

Pour mieux comprendre les recalculs effectués, l'analyse est conduite par grand secteur NFR pour les modifications les plus impactantes. Les modifications enregistrées à un niveau de détail fin, outre les quelques consolidations statistiques habituelles ou les éventuelles anomalies détectées, sont explicitées dans chaque section sectorielle, le détail des recalculs étant fourni en annexe 5.

**Energie**

Tableau 193 : Emissions du secteur Energie dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024

**EMISSIONS DU SECTEUR ENERGIE DANS L'AIR EN FRANCE (Métropole)**  
**Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024**

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx /compa

Substance	Unité	Année 1990			Année 2005			Année 2021		
		Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)
SO <sub>2</sub>	Gg	1 248	1 254	0,5%	439	439	0,0%	79	92	17%
NOx	Gg	1 964	1 959	-0,3%	1 400	1 424	1,7%	600	590	-1,7%
NH <sub>3</sub>	Gg	26	26	0,0%	31	30	-1,2%	22	22	1,3%
COVNM	Gg	1 727	1 722	-0,3%	789	811	2,8%	281	273	-3,0%
Cr	Mg	45	47	4,0%	46	49	6,8%	27	29	7,4%
Cu	Mg	195	223	15%	213	260	22%	183	225	23%
Hg	Mg	16	16	0,1%	4,9	4,9	0,2%	2,0	2,1	4,4%
Ni	Mg	224	228	1,9%	131	132	0,7%	18	16	-8,4%
Pb	Mg	4 192	4 198	0,2%	138	148	7,1%	78	85	10%
HCB	kg	1 140	1 140	0,0%	4,1	4,1	0,0%	3,9	4,4	11%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Pour faciliter l'analyse des mises à jour effectuées, le secteur de l'énergie est séparé en deux : hors transports et transports.

**Focus sur l'Energie, hors Transport**

Tableau 194 : Emissions du secteur Energie hors transports dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024

**EMISSIONS DU SECTEUR ENERGIE HORS TRANSPORTS DANS L'AIR EN FRANCE (Métropole)  
Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024**

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx / compa

Substance	Unité	Année 1990			Année 2005			Année 2021		
		Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)
SO <sub>2</sub>	Gg	1 099	1 105	0,5%	432	432	0,0%	77	90	17%
NO <sub>x</sub>	Gg	666	667	0,1%	614	613	-0,1%	256	256	0,1%
NH <sub>3</sub>	Gg	26	26	0,0%	22	22	0,0%	17	17	0,9%
COVNM	Gg	793	793	0,0%	551	551	0,0%	236	235	-0,5%
Cr	Mg	38	38	-1,0%	36	35	-1,2%	18,0	16,8	-6,7%
Hg	Mg	16	16	0,1%	4,6	4,6	0,2%	1,7	1,8	5,0%
Ni	Mg	221	225	1,8%	129	129	0,4%	16	14	-12%
Pb	Mg	302	301	-0,2%	109	108	-0,7%	50	48	-4,7%
HCB	kg	1 140	1 140	0,0%	4,1	4,1	0,0%	3,9	4,4	11%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Dans l'ensemble il y a assez peu de changement sur les émissions du secteur énergie, hors transport, entre l'édition précédente et cette année. Les principales révisions ayant été apportées concernent :

- Une correction sur les émissions de SO<sub>2</sub> dans la combustion.
- La consommation de FOL, qui a été fortement revue à la baisse dans le bilan de l'énergie induisant une diminution des émissions de nickel.
- Une augmentation de la consommation de la biomasse en 2021 (+1 800 TJ), qui a impacté différents polluants.
- La quantité de déchet des ordures ménagères qui ont été incinérées en 2021 a été revue et cela a augmenté les émissions de HCB.

**Focus sur le Transport**

Tableau 195 : Emissions du secteur Transports dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024

**EMISSIONS DU SECTEUR DES TRANSPORTS DANS L'AIR EN FRANCE (Métropole)**  
**Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024**

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx / compa

Substance	Unité	Année 1990			Année 2005			Année 2021		
		Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)
SO <sub>2</sub>	Gg	149	149	0,0%	7,0	6,9	-0,6%	1,3	1,3	0,1%
NO <sub>x</sub>	Gg	1 299	1 292	-0,5%	786	811	3,2%	344	333	-3,0%
NH <sub>3</sub>	Gg	0,7	0,7	-0,3%	8,3	8,0	-4,6%	4,4	4,5	2,9%
COVNM	Gg	933	928	-0,5%	238	260	9,1%	45	38	-16%
CO	Gg	6 030	6 031	0,0%	1 426	1 532	7,5%	276	249	-9,9%
As	Mg	1,2	1,3	5,7%	1,5	1,6	8,9%	1,5	1,6	7,0%
Cd	Mg	0,1	0,1	19%	0,1	0,2	26%	0,1	0,1	25%
Cr	Mg	7,3	9,5	30%	9,9	13,4	36%	9,4	12,7	34%
Cu	Mg	149	178	19%	189,9	236,9	25%	169	211	25%
Ni	Mg	3,0	3,3	10%	2,38	2,89	21%	2,1	2,6	22%
Pb	Mg	3 890	3 897	0,2%	29	40	36%	28	38	35%
Se	Mg	0,2	0,2	6,3%	0,3	0,3	11%	0,3	0,3	8,6%
Zn	Mg	114	121	5,3%	149	162	9,0%	151	161	6,7%
PM <sub>10</sub>	Gg	76	77	1,3%	55	58	4,5%	23	24	5,3%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Les changements des émissions observées entre les deux éditions 2023 et 2024, dans le secteur des transports sont liés à :

- La mise à jour des données d'activité du routier (parcs statique, trafics, consommations).
- La mise à jour des facteurs d'émission à l'échappement dans le routier, pour les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires légers, les poids-lourds, les bus et cars pour NO<sub>x</sub>, COVNM et CO, notamment : introduction des coefficients de dégradation pour les VP, VUL (hors GPL/GNV) et voitures ; mise à jour des FE des VP et VUL Euro 6 GPL/GNV, des FE à froid des VP et VUL Euro 6 (hors GPL/GNV) ; introduction des émissions à froid pour les PL, Bus et Car Euro V et VI.
- La mise à jour des facteurs d'émission, hors-échappement (abrasion), dans le routier, pour les véhicules particuliers et les véhicules utilitaires légers (particules et métaux lourds).
- La prise en compte des consommations d'huile 2 temps et 4 temps dans le transport maritime.

**Procédés industriels**

Tableau 196 : Emissions du secteur Procédés industriels dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024

**EMISSIONS DU SECTEUR PROCEDES DANS L'AIR EN FRANCE (Métropole)**  
**Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024**

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx /compa

Substance	Unité	Année 1990			Année 2005			Année 2021		
		Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)
SO <sub>2</sub>	Gg	35	35	0,0%	18	18	0,0%	9,7	9,7	0,0%
NO <sub>x</sub>	Gg	25	26	2,2%	13	14	7,1%	6,6	7,0	4,8%
NH <sub>3</sub>	Gg	8,3	8,3	0,2%	5,7	5,7	-0,1%	3,1	3,3	5,1%
COVNM	Gg	760	754	-0,7%	568	555	-2,3%	473	396	-16%
Hg	Mg	4,1	4,1	-0,1%	1,9	1,9	-1,2%	0,3	0,5	50%
PM <sub>10</sub>	Gg	75	81	7,8%	52	60	15%	40	49	23%
PM <sub>2,5</sub>	Gg	27	31	15%	18	24	31%	13	20	53%
BC	Gg	0,1	0,1	0,3%	0,1	0,1	2,4%	0,04	0,04	7,0%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Les changements observés entre éditions dans le secteur des procédés sont dus à :

- la révision des émissions de COVNM pour le secteur de l'imprimerie,
- la révision de la méthode de calcul des émissions de Hg pour les lampes contenant du mercure,
- l'ajout d'émissions de PM sur toute la série temporelle dans le secteur de la chimie.



**Agriculture**

Tableau 197 : Emissions du secteur Agriculture dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024

**EMISSIONS DU SECTEUR AGRICULTURE DANS L'AIR EN FRANCE (Métropole)**  
**Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024**

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx / compa

Substance	Unité	Année 1990			Année 2005			Année 2021		
		Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)
SO <sub>2</sub>	Gg	0,4	0,4	-0,8%	0,2	0,2	0,5%	0,1	0,1	-7,5%
NOx	Gg	186	185	-0,3%	170	169	-0,4%	147	145	-1,0%
NH <sub>3</sub>	Gg	640	636	-0,6%	588	585	-0,4%	514	507	-1,4%
COVNM	Gg	431	434	0,7%	413	415	0,4%	395	395	-0,1%
CO	Gg	83	81	-1,7%	62	61	-1,1%	31	27	-11%
As	Mg	0,04	0,04	-2,7%	0,03	0,03	-2,5%	0,02	0,01	-14%
Cu	Mg	0,1	0,1	-2,6%	0,1	0,1	-2,2%	0,05	0,04	-16%
Hg	Mg	0,1	0,1	0,7%	0,04	0,04	4,2%	0,03	0,03	0,4%
Pb	Mg	0,5	0,5	-3,7%	0,4	0,4	-3,3%	0,2	0,1	-21%
Se	Mg	0,04	0,04	-2,0%	0,03	0,03	-1,5%	0,01	0,01	-12%
Zn	Mg	11	11	-4,2%	11	10	-3,7%	4,4	3,4	-23%
PCDD/F	g ITEQ	6,4	6,2	-4,1%	5,9	5,7	-3,7%	2,5	1,9	-23%
HCB	kg	0	438	NA	0	13	NA	9,2	10	13%
BC	Gg	2,0	1,9	-3,4%	1,7	1,7	-3,0%	0,7	0,6	-19%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Quelques changements sont observés entre les deux éditions, pour le secteur de l'agriculture.

La mise à jour du brûlage des sarments en viticulture a eu un impact sur l'ensemble des polluants. Concernant le NH<sub>3</sub>, la révision du calcul des déjections importées entraîne une baisse plus forte en fin de période. Sur toute la période temporelle, le NH<sub>3</sub> est aussi revu à la baisse, avec la révision de la catégorisation du cheptel bovins et du cheptel de chevaux à la baisse. Le HCB est revu à la hausse après une révision de la série temporelle qui n'était pas estimée pour les années anciennes.

**Déchets**

Tableau 198 : Emissions du secteur Déchets dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024

**EMISSIONS DU SECTEUR DECHETS DANS L'AIR EN FRANCE (Métropole)**  
***Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024***

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx / compa

Substance	Unité	Année 1990			Année 2005			Année 2021		
		Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)	Version mars 2023	Version mars 2024	Ecart versions (en %)
SO <sub>2</sub>	Gg	3,5	3,5	0,0%	0,6	0,6	0,0%	0,4	0,4	-10%
NO <sub>x</sub>	Gg	7,0	7,0	0,0%	4,1	4,1	0,0%	2,9	2,8	-2,9%
NH <sub>3</sub>	Gg	1,2	1,2	0,0%	2,7	2,7	0,0%	8,3	7,6	-7,7%
COVNM	Gg	11	10	-2,3%	13	13	-3,4%	15	13	-14%
CO	Gg	29	29	0,0%	30	30	0,0%	47	40	-15%
As	Mg	0,5	0,5	0,0%	0,2	0,2	-0,1%	0,1	0,1	-5,5%
Cd	Mg	4,5	4,5	0,0%	0,3	0,3	0,0%	0,2	0,2	-10%
Cr	Mg	2,4	2,4	0,0%	0,9	0,9	0,0%	0,3	0,3	-7,7%
Cu	Mg	6,9	6,9	0,0%	1,4	1,4	0,0%	1,0	0,9	-9,5%
Hg	Mg	5,2	5,2	0,0%	0,6	0,6	0,0%	0,3	0,2	-7,6%
Pb	Mg	45	45	0,0%	3,1	3,1	0,0%	3,4	3,0	-12%
Se	Mg	0,03	0,03	0,0%	0,01	0,01	0,0%	0,005	0,004	-16%
Zn	Mg	94	94	0,0%	48	48	0,0%	40	33	-16%
HAP	Mg	1,8	1,8	0,0%	1,7	1,7	0,0%	2,2	1,9	-15%
HCB	kg	56	56	0,0%	7,3	7,3	0,0%	2,5	2,2	-12%
TSP	Gg	18	18	0,0%	17	17	0,0%	18	16	-11%
PM <sub>10</sub>	Gg	17	17	0,0%	17	17	0,0%	18	16	-11%
PM <sub>2,5</sub>	Gg	16	16	0,0%	16	16	0,0%	17	15	-11%
BC	Gg	2,5	2,5	0,0%	2,8	2,8	0,0%	4,1	3,4	-15%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Le secteur des déchets a connu différents changements entre les deux dernières éditions :

- Baisse des émissions de toutes les substances associées aux feux de véhicules et de bâtiments, ainsi qu'au brûlage de déchets verts dans les statistiques nationaux consolidés.
- Hausse des émissions de NH<sub>3</sub> associées à la hausse des quantités de déjections méthanisées sur toute la série temporelle.
- Mise à jour de la quantité des boues incinérées qui contribuent à une baisse des émissions de toutes les substances en 2021.
- Actualisation des données concernant la récupération du biogaz (valorisation et torchage) entre 2012 et 2021, qui a engendré une baisse des émissions de NO<sub>x</sub> et SO<sub>x</sub>.
- Révision sur le secteur des décharges qui a induit une baisse des émissions de COVNM sur toute la série temporelle.

## 8.2 Améliorations envisagées

### 8.2 Expected improvements

Un inventaire d'émission est toujours perfectible. C'est dans ce sens que s'inscrit la démarche sous-jacente à l'élaboration de l'inventaire des émissions des substances visées dans le cadre de la Convention sur la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance.

En début d'année, dans le cadre du système de management de la qualité, un plan d'amélioration, élaboré sur la base des éléments précédents, est mis en place. Ce plan est présenté dans le tableau ci-dessous. Les éventuelles améliorations spécifiques prévues dans les différents secteurs sont décrites dans les parties sectorielles.

Diverses investigations sont d'ores et déjà en cours ou planifiées à ce titre :

- poursuivre la recherche d'une meilleure précision des émissions notamment celles des secteurs clés (par la poursuite de l'incorporation progressive de données déclarées site par site par les industriels, le suivi des évolutions des modèles mis en œuvre),
- poursuivre les actions relatives à la détermination quantifiée des incertitudes
- continuer de renforcer toutes actions visant à une meilleure assurance et contrôle qualité du système notamment au travers d'une adaptation des outils et procédures, de concertations étendues avec les experts de différents domaines, le maintien de la certification qualité ISO 9001, etc.

Les améliorations envisagées détaillées sont présentées dans les différentes parties sectorielles.

Tableau 199 : Suivi des améliorations méthodologiques envisagées sur les inventaires

Action	Modifications / améliorations envisagées
<b>Transversal</b>	
G.2	Travail transversal sur les émissions de ML et de PM pour les plus gros émetteurs.
G.14	Prise en compte du dernier guide EMEP / EEA.
G.16	Tableau synthétique des principales enquêtes, précisant statut, fréquence & couverture annuelle, échéances, secteur, afin d'identifier les cas où les derniers chiffres d'inventaires ne sont pas des chiffres consolidés.
G.17	Investigations H <sub>2</sub> S (en principe dans SO <sub>x</sub> ). Vérifier si H <sub>2</sub> S algues vertes considérées anthropogéniques ; sources H <sub>2</sub> S dans guide EMEP/EEA...

Action	SECTEUR	Modifications / améliorations envisagées
<b>Energie</b>		
1.1	Bilan de l'énergie	Consolidation des consommations d'énergie dans l'industrie en concertation avec le SDES en particulier sur les produits pétroliers et les gaz industriels.
1.8	Résidentiel / Tertiaire	Développement d'un parc d'équipements de chaudières fioul et GN pour le R/T (et facteurs d'émission associés) et son évolution dans le temps. Et distinction FOD à basse teneur en S. Possible relance du sujet dans le cadre d'un GT (NB : EF condition réelle à considérer).
1.21	Transport routier	Amélioration « routier » : suivi évolution guide EMEP/EEA et/ou COPERT, etc.
1.28	Combustion du bois / résidentiel	MAJ des méthodologies émissions de la combustion du bois dans le résidentiel, notamment les pellets, mise à jour du parc des équipements, question des condensables...
1-29.2	Stockage PP	Travail avec la profession sur les caractéristiques des bacs de stockage des produits pétroliers (terminaux pétroliers) (cf. aussi bureau DGPR sur le sujet via le BQA).

1-38	Maritime	MAJ des répartitions des consommations domestiques/internationales.
1-41	Mines de charbon	Suite à la revue NECD 2017, ajout des émissions de PM liées à la manutention et au stockage du charbon.
1-60	Aérien	Amélioration continue TARMAAC avec la DGAC.
1.69	Fluvial	Améliorations du transport fluvial : prise en compte du parc réel...
1.72	Extraction de pétrole	Améliorer le niveau de la méthodologie avec des FE spécifique France.
1.76	Combustion PIC-MIC	Prise en compte arrêtés combustion PIC/MIC, en particulier NOx, PM...
1.79	Transport maritime	- Prise en compte des émissions d'ammoniac liées à l'augmentation de l'usage de systèmes SCR (Réduction Catalytique Sélective). - Prise en compte des consommations de GNL et de de lubrifiants.
1.80	FE SOx des PP	Affiner les facteurs d'émissions SO <sub>2</sub> des PP à partir de mesures.
<b>Procédés industriels</b>		
2-35	Sidérurgie	a) Emission de CO des fours sidérurgiques à oxygène : analyse de la question de l'évolution temporelle du FE CO et pertinence des FE disponibles. b) Emissions de CO dans les hauts-fourneaux.
2-46	PM BTP	Suite revue NECD 2019, besoin de révision des FE PM du BTP.
2-51	Production de Nickel	Production de Nickel – examen de l'ajout d'émissions SOx, avec le nouveau GB EMEP 2019.
2-53	Production de fonte	Production de fonte : revues des émissions de SO <sub>2</sub> , NOx, CO au regard des nouvelles informations du GB EMEP 2019.
2-56	Manutention & stockage combustible	Manutention et stockage des combustibles liquides autres que l'essence, hormis les terminaux pétroliers – Emissions de COVNM.
2-63	Consommations de bitume	Actualisation de la répartition des consommations de bitume (Asphalt roofing, Route et Enrobage).
2-68	Carrières	Mise à jour de paramètres pour le transport en interne dans les carrières et affinement des données météorologiques.
2-73	Autres procédés de la sidérurgie (CRF 2C1f)	Intégration des émissions historiques (depuis 1990) de PA rattachées à la SNAP 040210 "Autres procédés de la sidérurgie" qui ne sont actuellement pas inventoriées.
<b>Agriculture</b>		
4-2	Brûlages agricoles	Recherche de données d'activité afin de prendre en compte différentes formes de brûlage agricoles.
4-5f	Elevage (3B) (Gestion des déjections)	Amélioration de la prise en compte de pratiques existantes pour la réduction des émissions d'ammoniac (couverture de fosses, stations de traitement, et laveur d'air).
4-9	Chantiers Bovins	Chantiers d'améliorations pour les bovins : populations, alimentation, excrétion azotée, fermentation entérique, FE fumier/litière accumulée, FE pâture, couvertures de fosses...
4-10	Elevage (3B)	Veille sur les FE des porcins (en particulier travaux récent CORTEA et BDD ELFE).
4-21	Pesticides	Possibilité de réaliser un inventaire des émissions de pesticides dans l'air.
4-24	Particules liées au travail du sol	L'estimation des émissions de particules liées au travail du sol pourrait être affinée en passant à un niveau de méthodologie Tier 2.
4-25	Compostage des déjections animales	A l'heure actuelle, nous ne savons pas estimer la part des déjections animales produites en France qui sont compostées.

4-29	Recensement général agricole 2020	Intégration des données du RA 2020 selon disponibilité (gestion des déjections au bâtiment, modes de traitement, épandage, ...).
4-32	Paramètres annuels en agriculture	Investigation pour intégrer des paramètres dans l'inventaire permettant de refléter au mieux les évolutions annuelles des pratiques agricoles.
4-33	Urée avec inhibiteurs d'uréase	Suivi des livraisons d'urée avec inhibiteurs d'uréase.
<b>Déchets</b>		
6-8b	Barbecues	Rechercher les données pour estimer les émissions de cette activité. Application des FE du guide EMEP 2019 par défaut après analyse. Par la suite investigation pour affinement des estimations.
6-12b	Feux accidentels/bâtiments	Suite à la revue NECD 2017, les émissions liées aux feux d'immeubles et bâtiments ont été calculées en 2018. Reste le cas des PCDD-F (besoin FE national car FE EMEP trop fort). Reste l'OM.
6-20	Valorisation et torchage du biogaz issu des déchets	Les émissions de la combustion du biogaz lors de sa valorisation / torchage sont à prendre en compte. Déjà fait pour les ISDND, mais pas pour les méthaniseurs de déchets OM, de boues de STEP in situ, et boues des IAA.
6-21	Statistiques	Travail commun avec le SDES sur les statistiques du traitement des déchets par filière.
6-36	Brûlage de câbles	Les données d'activité liées au brûlage de câbles doivent être actualisées (valeur constante très incertaine sur toute la série temporelle).
6-40 6-45	Incinération des boues d'épuration Valorisation/torchage du gaz de décharge	Les FE utilisés sont très anciens et pourraient être remis en cause. Une révision de la série temporelle est nécessaire. Suite revue UNFCCC sept 2021, besoin d'investiguer sur les sites déclarant des quantités de méthane torché/valorisé par le calcul.
6-47	Incinération des déchets hospitaliers	Conformité EMEP/EEA du FE HCB de l'incinération des déchets hospitaliers.
6-51	Stockage déchets	Amélioration des données d'activités ISDND par confrontation base ITOM avec GEREP.
6-36	Brûlage de câbles	Les données d'activité liées au brûlage de câbles doivent être actualisées (valeur constante très incertaine sur toute la série temporelle).
<b>Emissions naturelles</b>		
5.26	Feux de forêt	Affinement des émissions des feux, spatialisation.

De plus, les remarques formulées lors des revues internationales constituent également un axe d'amélioration privilégié. Le tableau ci-après résume les différents points soulevés lors des dernières revues, et statut sur l'état de leur prise en compte. Ainsi, la France trace les recommandations qui n'ont pas encore été soldées en totalité et pour lesquelles des actions devront être menées. Ces améliorations vont au-delà du plan d'action méthodologique et concerne tous les aspects de l'inventaire (QA/QC, analyse des catégories clés, incertitudes, transparence, etc.).

Tableau 200 : Suivi des recommandations des revues internationales

NFR code	Review recommendation	MS status of implementation
2C3	<p>For category 2C3 Aluminium production and pollutant NOx (1990-2021) the TERT notes that there is a lack of transparency regarding the reporting of emissions as "IE" (Included Elsewhere). In IIR page 376, France reported that there are no NOx emissions expected for this activity. On the other hand, the 2019 EEA Guidebook provides both a Tier 1 and a Tier 2 method to estimate process-related NOx emissions, which originate from the melting process. The TERT is unable to determine whether there is an under-estimate issue that may be above the threshold of significance. Please provide further clarification of the use of the notation key "IE" and clarify whether process-related NOx emissions are included in the inventory and under which NFR category.</p>	<p>As verified and as explained in the IIR 2023, page 54, table 7 (use of « IE»), for 2C3 "IE" is used for NOx, PCDD-F and HCB because it is difficult to separate combustion emissions from process emissions, so that these process emissions are included in 1A2b. The technology used in the aluminium smelters is the technology of pre-baked anodes and the NOx emissions are coming mainly from anode baking. The relevant sub-chapter of IIR will be changed to reflect this situation ("IE" instead of "no NOx expected" in 2C3).</p>
2D3a	<p>For category 2D3a Domestic solvent use including fungicides, NMVOC, years 1990-2020, the TERT notes that there is a lack of transparency in the IIR on how the emission factors for NMVOC estimates were derived and why NMVOC emissions from the consumption of the hydroalcoholic gel were allocated under NFR category 2D3g instead of NFR category 2D3a. There was no activity data, no emission factors and no explanation provided in the 2023 French IIR for that source category allocation, except the description of the methodology on how the NMVOC emissions for that activity are calculated. This does not relate to an over- or under-estimate of emissions. During the 2022 NECD inventory review, the TERT made a Technical Correction to include NMVOC emission estimates from the use of disinfectants due to the COVID pandemic in the French inventory. In response to a question raised during the review, France provided requested data and agreed that those emissions might be misallocated indeed and explained that this issue will be checked, and changes will be made to be more consistent with the 2019 EMEP/EEA Guidebook for the 2024 submission. The TERT recommends that France reallocate NMVOC emission estimates from the use of hydroalcoholic gel to NFR category 2D3a Domestic solvent use including fungicides to be consistent with the 2019 EMEP/EEA Guidebook and include in the IIR the activity data and emission factors used in the 2024 submission to improve transparency.</p>	<p>NMVOC emission estimates from the use of hydroalcoholic gel have been allocated to NFR category 2D3a Domestic solvent use including fungicides in the 2024 submission. In addition, a description of the applied methodology used for estimating NMVOC emissions due to the consumption of hydroalcoholic gel was added.</p>

1A3b	<p>For 1A3b Road transport: all subcategories, NOX, NMVOC, PM2.5, PM10, CO, TSP in all years, the TERT notes that France has used COPERT version 5 for emission calculations. Regarding the specific subversion(s), France mentions the v5.4.30-36-52 (Oct. 2020 and May 2021) on p.259 of the 2023 IIR. In the meantime, an updated version has been released, i.e., 5.6.1 in Sep. 2022, which updates some emission calculations. In response to a question raised during the review, France clarified that COPERT as a software is not directly used, but only its related methodology available in the 2019 EMEP/EEA Guidebook. Hence, any software updates do not have an impact on the emission calculations of France. In fact, all methodological updates relating to COPERT version 5.6.1 (Sep 2022) were already implemented in the emission calculations for the 2023 submission and France will update the IIR to include this information in the 2024 submission. The TERT accepts these explanations and recommends that France update the IIR accordingly to clarify this issue in the 2024 submission.</p>	<p>The 2024 IIR will be updated to clarify this issue - see chapter 1A3b.</p>
1A3d	<p>For 1A3di(i) International maritime navigation - Memo Item, PM2.5 and all years, the TERT notes that PM2.5 is equal to PM10, while for this category PM10 estimates were expected to be higher than PM2.5. In response to a question raised during the review, France answered that the assumption that PM10 emissions are equal to PM2.5 is taken from the Tier 3 section of the 2019 EMEP/EEA Guidebook (1A3d Navigation). However, the Tier 2 approach of this same source gives different emission factors for PM2.5 and PM10. The latter was not included in the 2023 submission. Further research will be carried out by France as part of the 2024 submission to determine the appropriate ratio between PM10 and PM2.5. The TERT accepts these explanations and recommends that France conclude the research on this issue, which will be checked again during the 2024 review regarding its status of implementation.</p>	<p>We contacted the EMEP authors that indicated that there was a mistake in the guidebook: there was an inconsistency between the Tier 2 and Tier 3 method. PM2.5 emission factor should be 85% of the PM10 emission factor. This has been corrected in the 2024 submission.</p>
1A4ciii	<p>For 1A4ciii Agriculture/Forestry/Fishing: National fishing, PM2.5 and all years, the TERT notes that PM2.5 is equal to PM10, while for this category PM10 estimates were expected higher than PM2.5. In response to a question raised during the review, France answered that the assumption that PM10 emissions are equal to PM2.5 is taken from the Tier 3 section of the 2019 EMEP/EEA Guidebook (1A3d Navigation). However, the Tier 2 approach of this same source gives different emission factors for PM2.5 and PM10. The latter was not included in the 2023 submission. Further research will be carried out from France as part of the 2024 submission to determine the appropriate ratio between PM10 and PM2.5. The TERT accepts these explanations and recommends that France conclude the research on this issue, which will be checked again during the 2024 review regarding its status of implementation.</p>	<p>We contacted the EMEP authors that indicated that there was a mistake in the guidebook: there was an inconsistency between the Tier 2 and Tier 3 method. PM2.5 emission factor should be 85% of the PM10 emission factor. This has been corrected in the 2024 submission.</p>

1B1b	<p>For 1B1b Fugitive emission from solid fuels: Solid fuel transformation, NOX and SO2, 1990-2021, the TERT notes that there is a lack of transparency regarding why emissions are reported as not estimated (notation key 'NE'). This does not relate to an over- or under-estimate of emissions. In response to a question raised during the review, France explained that these emissions are estimated based on operators' annual emissions reports, but that they do not distinguish combustion-related and process-related/fugitive emissions so the notation key should be 'IE' as the emissions are included in 1A1c. The TERT recommends that France contact the operators to see if they can measure/estimate fugitive NOX and SOX emissions separately from the leaks of the coke oven or update the notation key to 'IE' in the next submission.</p>	<p>The notation key for NOx and SOx emission from 1B1b has been updated to "IE" in the 2024 submission. The information regarding the reporting of NOx and SOx emissions in NFR 1A1c has been integrated in the IIR (chapter 1B1b). In 2023, the main operators have been contacted, however they were not able to split the emissions between process and combustion.</p>
2A5b	<p>For category 2A5b Construction and demolition and pollutants PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> (1990-2021), the TERT notes that there is a lack of transparency regarding the methodology applied to estimate emissions. The EFs and other parameters used to estimate emissions are not included in the IIR. This does not relate to an over- or under-estimate of emissions. In response to a question raised during the review, France provided a detailed description of the applied EFs and other parameters and their source. Specifically, regarding the construction of buildings, the TSP EFs are calculated by multiplying the EPA EF (EPA - AP42, page 13.2.3-1) with the abatement factor (38%). The abatement factor was calculated as a ratio, based on the average precipitation in France (760 mm) and UK (1000 mm) and the abatement factor used in UK (50%) (Source: Apportionment of Airborne Particulate Matter in the United Kingdom, January 1999). Regarding public works, the TSP EF 122.7 kg/1000m<sup>3</sup> is used (CEPMEIP SNAP 060103, <a href="http://www.air.sk/tno/cepmeip/em_factors_results.php">http://www.air.sk/tno/cepmeip/em_factors_results.php</a>). Regarding the PM size distribution, for PM<sub>10</sub> the share of 18.6% in TSP was retained, by averaging the values: 22% (Desert Research Institute, Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates, Summary of Current Knowledge and Needed Research, May 2000 - page 3-26); 20% (EPA - AP42 page 13.2.3-1); 20% (Source Apportionment of Airborne Particulate Matter in the United Kingdom, January 1999); and 13,7% (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage Coefficients d'émission des sources stationnaires Juin 2001 - mesures des réductions des émissions de PM<sub>10</sub> page 96). For PM<sub>2.5</sub>, the share of 6.2% in TSP was retained, based on the UK source: Apportionment of Airborne Particulate Matter in the United Kingdom, January 1999. The TERT recommends that France include in the next IIR a detailed description of the EFs and other parameters used to estimate PM emissions associated with category 2A5b Construction and demolition, by including the information provided during the review.</p>	<p>The 2024 IIR will be updated with a detailed description of the emission factors and parameters used for the category 2A5b Construction and demolition</p>



2D3h	<p>For category 2D3h Printing, NMVOC, years 2020 and 2021, the TERT notes that there is a lack of transparency regarding the NMVOC emission estimate that is two times (2x) higher for 2021 compared to 2020 (respectively 78,6683 kt and 38,8528 kt). The TERT could not find any explanation in the IIR for that time series inconsistency. In response to a question raised during the review, France explained that the higher NMVOC emission in 2021 compared to 2020 was due to applying their emission estimation methodology when according to the national customs statistics the amount of imported ink in 2021 was 70% higher compared to 2020. France discussed the issue with the national Paint manufacturers association (FIPEC), which does not have better data either or an explanation for the higher import data. France explained that they would wait for next year's statistical data which might correct that anomaly. The TERT recommends that France investigate the anomaly directly at the source of the national statistics to get an explanation and if the import data for ink is correct then include an explanation for that time series inconsistency in the IIR in the 2024 submission.</p>	<p>The national statistics for the amount of imported ink in the year 2022 showed a comparable value to that of 2020. Given that the FIPEC has no explanation for the high import data in 2021 and considering the corrected value in 2022, we believe that the provided value for the year 2021 is an outlier. Therefore, we have recalculated the amount of imported ink for the year 2021 using interpolation based on the values from 2020 and 2022.</p>
5C2	<p>For 5C2 Open burning of waste, PM2.5, PM10 and TSP and all years, the TERT notes that according to the IIR, section 6.3.2.27, pages 563-564, emissions from the burning of green waste by households are considered. However, it remains unclear whether open burning of small-scale agricultural wastes are covered as well. In response to a question raised during the review, France informed the TERT that emissions from open burning of small-scale agricultural wastes, e.g. orchard crops or forest residues, are considered in category 3F, and that regulations concerning open burning of agricultural waste and waste from households are in place in France that forbid open burning (with exceptional exceptions). The TERT recommends that France include this information, including referring to the underlying regulation(s), in its next submission. Furthermore, in response to a question raised during the review, France provided a more detailed explanation on the recalculation submitted in 2023, referring to a validation of a report used as a source in the French inventory (ADEME, 2008). The TERT recommends that France report on this validation step as a QAQC measure in its next submission.</p>	<p>More information has been implemented in the 2024 submission.</p>
5E	<p>For 5E Other Waste, PM2.5, PM10 and TSP, all years, the TERT notes that there is a lack of transparency regarding the calculation of emissions from building fires in the IIR, section 6.5.2, as the referenced OMINEA database shows 'logements' (household) as activity data and an (implied) emission factor of 88 112 g per household (2021). It was also unclear to the TERT whether and where apartment fires are covered. This does not relate to an over- or under-estimate of emissions. In response to a question raised during the review, France explained that apartment fires are considered and that the default emission factors from the 2019 EMEP/EEA Guidebook have been applied for the different house types. The TERT recommends that France include a clear explanation, including the number of fires per type of house fires, in the next submission.</p>	<p>More information has been implemented in the 2024 submission.</p>

## 9. Projections

---

### *9. Projections*

Les prochaines projections des émissions de polluants atmosphériques pour la France, dans le cadre de la directive NEC, seront rapportées en mars 2025 pour la période 2025 à 2050.

## 10. Rapportage des émissions spatialisées et GSP

---

### *10. Reporting of gridded emissions and LPS*

L'inventaire EMEP spatialisé a été réalisé en 2021, aucune mise à jour n'a été faite cette année.

## 11. Engagements, objectifs de réduction et cas des niveaux d'émission supérieurs aux plafonds

### 11. Protocols, reduction targets and cases of ceiling exceeding

#### 11.1 Point sur les différents objectifs

##### 11.1 Progress towards meeting targets

Dans le cadre de la Convention de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CLRTAP), plusieurs Protocoles ont été adoptés en vue de réduire les émissions dans l'air. Ces Protocoles assignent à chaque Partie signataire des plafonds d'émissions à ne pas dépasser ou des engagements de réduction selon un certain échéancier. Les Protocoles correspondants sont :

Tableau 201 : Récapitulatif des Protocoles et objectifs associés

Nom du Protocole	Substance(s) visée(s)	Date d'adoption	Date de ratification (France)	Date d'entrée en vigueur	Objectifs pour la France
<i>Helsinki</i>	SO <sub>x</sub> (SO <sub>2</sub> )	08/07/1985	13/03/1986	02/09/1987	-30% entre 1980 et 1993 et objectif supplémentaire de -60% sur la même période
<i>Sofia</i>	NO <sub>x</sub>	01/11/1988	20/07/1989	14/02/1991	Stabilisation des émissions entre 1987 et 1994 et engagement supplémentaire de -30% entre 1980 et 1998
<i>Genève</i>	COV	18/11/1991	12/06/1997	29/09/1997	-30% entre 1988 et 1999
<i>Oslo</i>	SO <sub>x</sub> (SO <sub>2</sub> )	14/06/1994	12/06/1997	05/08/1998	Plafonds : 868 kt (2000), 770 kt (2005) et 737 kt (2010)
<i>Aarhus</i>	POP	24/06/1998	25/07/2003	23/10/2003	Ne pas dépasser le niveau d'émission de 1990 pour les dioxines et furannes, les HAP (somme des quatre composés BaP, BbF, BkF et IndPy) et les HCB.
	Métaux lourds	24/06/1998	26/07/2002	29/12/2003	Ne pas dépasser le niveau d'émission de 1990 pour le Cd, Pb et Hg, pour les sources industrielles, les processus de combustion et l'incinération des déchets
<i>Göteborg (Göteborg-1 sur graphique)</i>	SO <sub>x</sub> (SO <sub>2</sub> ), NO <sub>x</sub> , COVNM, NH <sub>3</sub>	01/12/1999	10/04/2007	17/05/2005	Plafonds à partir de 2010 de 400 kt (SO <sub>x</sub> ), de 860 kt (NO <sub>x</sub> ), de 1100 kt (COVNM) et de 780 kt (NH <sub>3</sub> )
<i>Göteborg amendement (Göteborg-2 sur graphique)</i>	Les mêmes + PM <sub>2,5</sub>	04/05/2012	06/12/2021	07/10/2019	Diminution à partir de 2020 par rapport à 2005 : -55% pour le SO <sub>2</sub> , -50% pour les NO <sub>x</sub> , -4% pour le NH <sub>3</sub> , -27% pour les PM <sub>2,5</sub> et -43% pour les COVNM

Dans le cadre de la politique européenne de lutte contre la pollution de l'air, des objectifs de réduction des émissions de polluants ont été définis par la directive 2001/81/CE ou NEC 1 avec des plafonds d'émissions à partir de 2010, puis par la directive 2016/2284/UE mettant en place des nouveaux objectifs de réduction des émissions à partir de 2020 et 2030 (la directive 2001/81 a été abrogée par la directive 2016/2284) :

Tableau 202 : Directives européennes visant la pollution de l'air

Nom de la directive	Substance(s) visée(s)	Date d'adoption	Date d'entrée en vigueur	Objectifs pour la France
<i>Directive 2001/81/CE NEC - Plafonds d'Emission Nationaux pour 2010 (NECD-1 sur graphique)</i>	SO <sub>x</sub> (SO <sub>2</sub> ), NO <sub>x</sub> , COVNM, NH <sub>3</sub>	23/10/2001	27/11/2001	Plafonds à partir de 2010 (et jusqu'à 2019) pour les SO <sub>x</sub> (375 kt), les NO <sub>x</sub> (810 kt), les COVNM (1050 kt) et le NH <sub>3</sub> (780 kt)
<i>Directive UE 2016/2284 abrogeant la directive NECD-1. Objectifs de réduction 2020 et 2030 (NECD-2 sur graphique)</i>	Les mêmes + PM <sub>2,5</sub>	14/12/2016	31/12/2016	Diminution à partir de 2020 et 2030 par rapport à 2005 pour les SO <sub>x</sub> (-55% et -77%), les NO <sub>x</sub> (-50% et -69%), les COVNM (-43% et -52%), le NH <sub>3</sub> (-4% et -13%) et les PM <sub>2,5</sub> (-27% et -57%)

La directive 2001/81 visait les mêmes substances que le Protocole de Göteborg, mais fixait des plafonds plus stricts (plafond de 810 Gg de NO<sub>x</sub> à partir de 2010 contre 860 Gg de NO<sub>x</sub> par exemple). Les objectifs de réduction en relatif fixés pour 2020 par la directive 2016/2284 sont eux identiques à ceux du Protocole de Göteborg amendé en 2012 et incluent les PM<sub>2,5</sub>. La directive 2016/2284 fixe également des objectifs à horizon 2030.

A noter : certaines directives européennes ou plans nationaux fixent des objectifs en termes de réduction des concentrations des polluants dans l'air, et non en termes d'émissions. La directive 2008/50/CE dite directive CAFE (Clean Air for Europe), concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, adoptée le 21 mai 2008, fixe les normes de qualité de l'air ambiant pour les polluants suivants : le SO<sub>2</sub>, le NO<sub>2</sub>, les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, le plomb, le CO et le benzène (sous forme de valeurs limites de concentration, de valeurs cibles, d'objectifs de qualité, etc.) afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement. Les directives 2001/81 et 2016/2284 sont essentielles pour réduire les émissions des polluants concernés et permettre de respecter les concentrations limites dans l'air ambiant.

#### Le Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)

Les objectifs de la directive 2016/2284 ont été repris au sein du **Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)**. La première version du PREPA a été adoptée par le gouvernement français en 2017. Ce plan couvre la période 2017-2021.

Ce plan se compose d'un décret (n°2017-949 du 10 mai 2017) qui fixe les objectifs de réduction d'émissions aux horizons 2020, 2025 et 2030 (cohérents avec les objectifs européens) et d'un arrêté qui fixe les actions de réduction des émissions à renforcer et à mettre en œuvre (arrêté du 10 mai 2017), couvrant la période 2017-2021. Il concerne l'ensemble des secteurs émetteurs. En plus des mesures de réduction, il prévoit des mesures de contrôle et de soutien des actions mises en œuvre.

L'objectif de ce plan est, notamment, de limiter les dépassements des valeurs limites de concentration de polluants dans l'air ambiant (ces derniers devant être quasiment supprimés à horizon 2030), de diminuer la concentration moyenne en particules fines et enfin d'atteindre les objectifs de réduction des émissions pour 2020 et 2030 de la directive 2016/2284. L'obtention d'une meilleure qualité de l'air permettrait ainsi de diminuer le nombre de décès prématurés liés à une exposition chronique aux particules fines.

Comme présenté plus bas, les objectifs de réduction mis en place par le plan ont bien été respectés en 2021, soulignant notamment son efficacité.

Conformément à l'article L.222-9 du Code de l'Environnement, la mise à jour du PREPA doit être réalisée tous les quatre ans. Le Ministère s'est attelé à cette révision et un plan de mesures pour la

période 2022-2025 a été mis au point. L'arrêté du 8 décembre 2022 publié au JO du 16 décembre 2022 définit en annexe six axes prioritaires regroupant 49 mesures de réduction des émissions des cinq polluants visés ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ , COVNM et  $\text{PM}_{2,5}$ ) dans tous les secteurs. Un fort accent est mis sur la mobilité, l'agriculture et la combustion du bois dans les installations de chauffage domestiques. Chaque mesure est assortie de modalités d'exécution. L'arrêté prévoit également des mesures de contrôle et de soutien des actions mises en œuvre, et des actions d'amélioration des connaissances, de mobilisation des territoires, et de financement.

Les graphiques ci-dessous présentent les niveaux d'émissions en France métropolitaine des principaux polluants réglementés ( $\text{NH}_3$ , COVNM,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  et  $\text{PM}_{2,5}$ ) sur la période et les comparent aux plafonds du Protocole de Göteborg (1), du protocole de Göteborg amendé (2), de la directive NECD-1, de la directive NECD-2 et de l'arrêté PREPA.

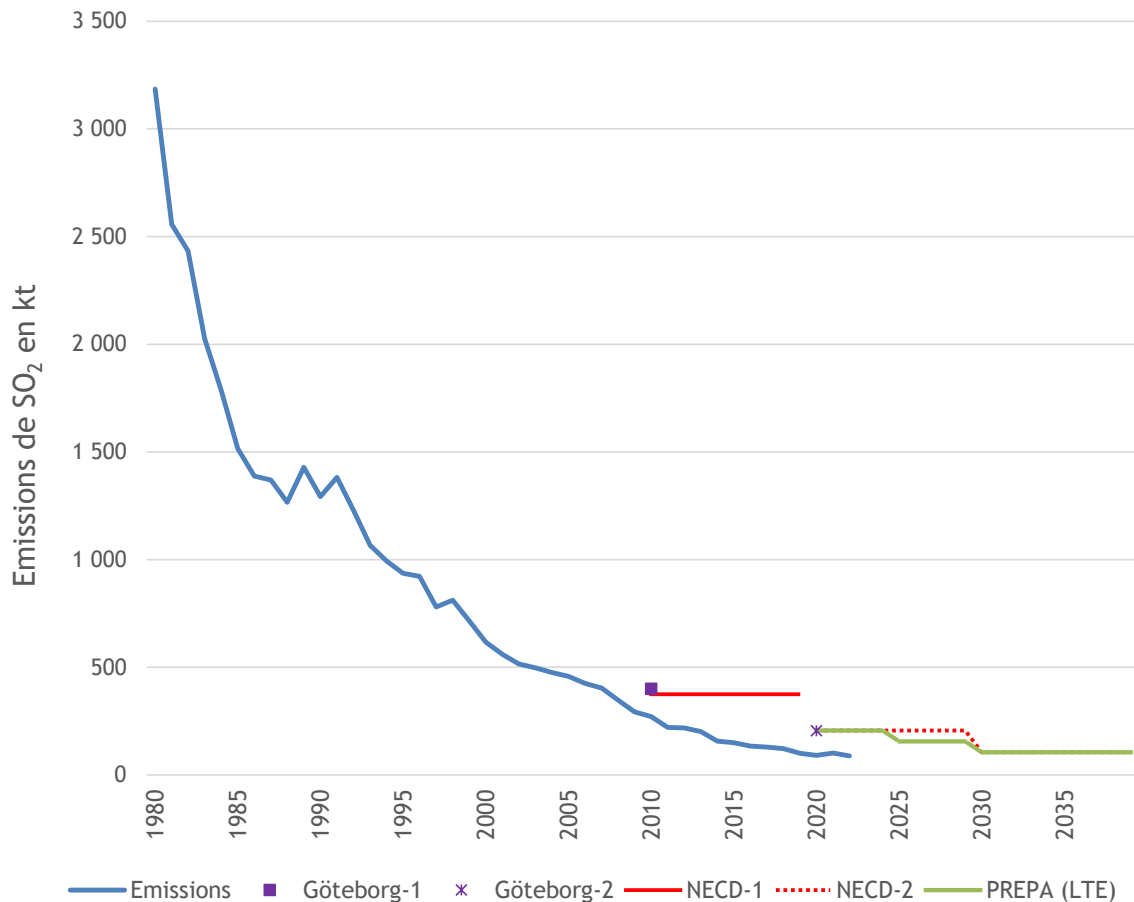


Figure 180 : Evolution des émissions de  $\text{SO}_2$  et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

Les différents objectifs portant sur le  $\text{SO}_2$  pour les années passées ont tous été atteints. L'engagement pris lors du Protocole d'Helsinki n'est pas indiqué sur le graphique ci-dessus mais les émissions en 1993 étaient bien en dessous de la baisse de 60% par rapport à 1980 visée, soit un objectif à 1 274 kt, largement respecté au vu du niveau d'émission (1 067 kt de  $\text{SO}_2$  en 1993). De même, les plafonds fixés dans le Protocole d'Oslo n'ont pas été indiqués ci-dessus mais ont été largement respectés (voir tableau récapitulatif).

Les plafonds en valeur absolue fixés pour la période 2010-2019 ont été respectés dans le cadre de Göteborg-1 et la directive NECD-1.

Pour la nouvelle période de Göteborg-2 et directive NECD-2, à partir de 2020, l'objectif de réduction en relatif (-55% par rapport à 2005) a été respecté pour 2020 (-80% par rapport à 2005). Pour la nouvelle année d'inventaire 2022, les émissions de SO<sub>2</sub> sont en baisse par rapport à 2021 (102 kt de SO<sub>2</sub> en 2021 et 89 kt en 2022), l'objectif Göteborg-2 et NECD-2 (-55%) est toujours bien respecté également. Si les émissions se maintiennent à ce niveau voire diminuent encore, l'objectif 2030 sera respecté.

Pour rappel, en 2022, le secteur Energie (NFR 1) est responsable de 90,3% des émissions nationales de SO<sub>2</sub>, avec en contributeur majeur le secteur 1A2 Industrie manufacturière et construction (55,8 % des émissions du secteur énergie) devant le secteur 1A1, Industrie de l'énergie (17,1 %) et le secteur 1A4 regroupant le résidentiel, tertiaire, commercial et les engins du secteur agricole/sylvicole (15,5 % des émissions du secteur énergie).

Parmi les mesures visant ce polluant au sein du PREPA, nous pouvons citer entre autres l'application des meilleures techniques disponibles dans l'industrie, le renforcement des contrôles et la baisse de la teneur en soufre du fioul domestique et le renforcement des contrôles de la teneur en soufre des carburants marins.

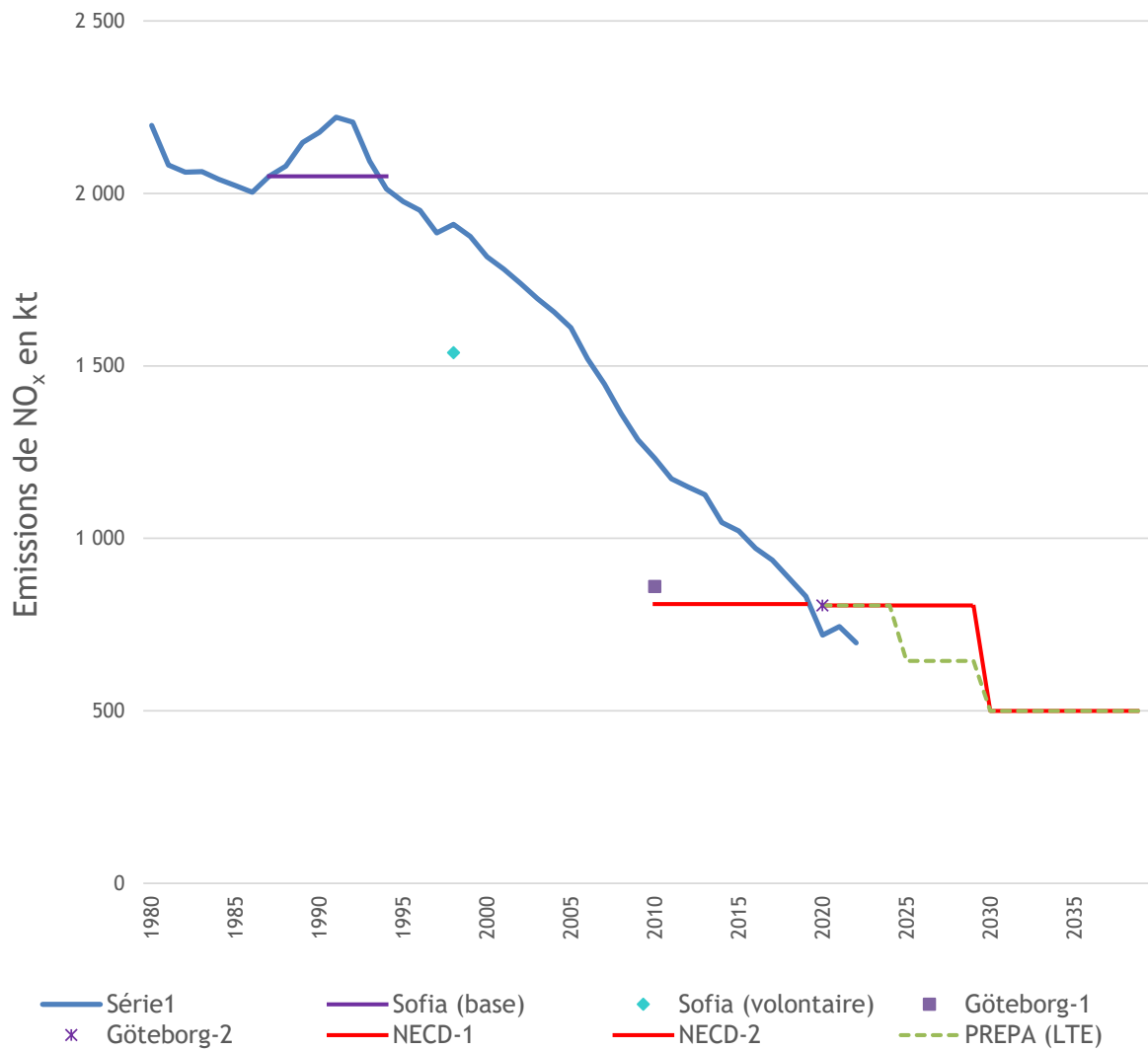


Figure 181 : Evolution des émissions de NO<sub>x</sub> et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

L'objectif volontaire du Protocole de Sofia (réduction de 30% des émissions de NO<sub>x</sub> entre 1980 et 1998) n'a pas été atteint en 1998, mais uniquement en 2006.

L'objectif du Protocole de Göteborg-1 sur la période 2010-2019 (ne pas dépasser le plafond en valeur absolue de 860 kt d'émission annuelle de NO<sub>x</sub>) n'a pas été respecté dès 2010. Ce plafond a été respecté avec 2 ans de retard et en prenant en compte des ajustements (NO<sub>x</sub> du transport routier et de l'agriculture). De la même manière, l'objectif de la NECD-1 sur la même période (ne pas dépasser, à partir de 2010, le plafond de 810 kt d'émission annuelle de NO<sub>x</sub>) n'a été atteint qu'avec 4 ans de retard et une fois les procédures d'ajustements prises en compte.

Pour la nouvelle période de Göteborg-2 et directive NECD-2, à partir de 2020, l'objectif de réduction des émissions, en relatif par rapport à 2005 (-50%) a été respecté pour les NO<sub>x</sub> pour l'année 2020 (-55%) et 2021 (-54%).

Concernant 2022, la France a émis 698 kt de NO<sub>x</sub>, soit -57% par rapport à 2005 ce qui permet de respecter l'objectif de réduction d'au moins 50% dans le cadre de Göteborg-2 et NECD-2. Les émissions de NO<sub>x</sub> ont augmenté en 2021 par rapport à 2020 (rebond post pandémie Covid-19) mais sont redescendues en 2022 en-dessous des niveaux de 2019 et de 2020, confirmant la tendance à la baisse des émissions depuis 1991.

En 2022, le secteur Energie (NFR 1) est responsable de 79,1 % des émissions nationales de NO<sub>x</sub>, avec en contributeur majeur le secteur 1A3 Transports (57,7 % des émissions du secteur énergie) devant le secteur 1A4 regroupant le résidentiel, commercial, tertiaire et les engins du secteur agricole/sylvicole (19,0 % des émissions du secteur énergie) et le secteur 1A2 de la Combustion dans l'industrie manufacturière et la construction (15,3 % des émissions du secteur énergie).

Parmi les mesures visant ce polluant au sein du nouvel arrêté PREPA, sont mentionnés la généralisation de l'indemnité kilométrique vélo, l'incitation à l'utilisation de mobilités actives et aux transports partagés, la mise en œuvre des certificats Crit'Air et la mise en œuvre des Zones à Faibles Emissions mobilité par les collectivités, le renouvellement des flottes captives par des véhicules à faibles émissions, le contrôles des émissions réelles des véhicules.

Pour l'atteinte de l'objectif de réduction 2030 (-69% par rapport à 2005), une réduction des émissions de 28% entre 2022 et 2030 est encore nécessaire.



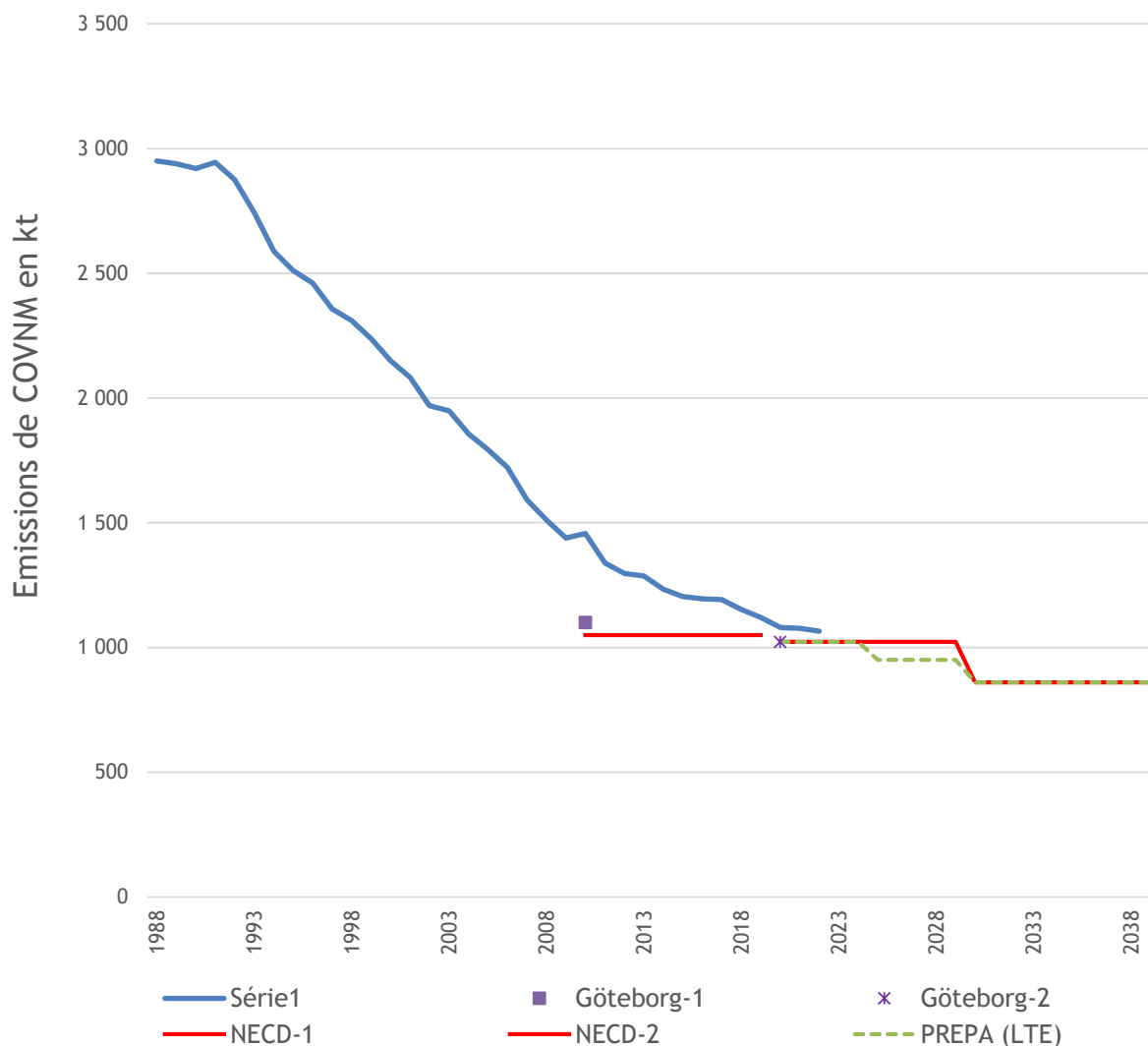


Figure 182 : Evolution des émissions de COVNM et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

Pour les COVNM, les objectifs du Protocole de Göteborg-1 et de la NECD-1 sur la période 2010-2019 (ne pas dépasser le plafond en valeur absolue respectivement de 1 100 kt et 1 050 kt d'émission annuelle de COVNM) ont pu être respectés à partir de 2010 avec la prise en compte des ajustements (COVNM de l'agriculture à retirer pour le contrôle des objectifs à périmètre constant).

Pour la nouvelle période de Göteborg-2 et directive NECD-2, à partir de 2020, l'objectif de réduction en relatif par rapport à 2005 (-43%) a été respecté pour les COVNM pour l'année 2020 en retirant les COVNM biogéniques de l'agriculture (-52%). En effet, comme précédemment, ces objectifs de réduction des émissions des COVNM 2020 et 2030 en relatif ont été fixés sans prise en compte des COVNM biogéniques de l'agriculture. Ainsi, dans le cadre de la CLRTAP/Göteborg-2, la procédure d'ajustement a été demandée (cf. section suivante) pour l'évaluation du respect des objectifs de réductions à périmètre homogène. NB : dans le cadre de la directive NECD-2, le retrait des émissions biogéniques de l'agriculture est automatiquement appliqué dans le total national pour contrôle de conformité aux objectifs NECD-2.

Concernant la nouvelle année 2022, la France a émis 1 065 kt de COVNM, soit -41% par rapport à 2005 avec les COVNM agricoles. Sans les COVNM biogéniques agricoles le total est de 648 kt (VS 1 381 kt pour 2005) soit -53%, ce qui permet de respecter l'objectif de réduction d'au moins 43% pour Göteborg-2 et la directive NECD-2.

Pour rappel, en 2022, le secteur de l'agriculture est responsable de 39,3 % des émissions de COVNM devant le secteur des procédés industriels (37,6 % des émissions de COVNM) et celui de l'énergie (22,2 % des émissions de COVNM). Parmi les procédés industriels, le sous-secteur majeur en 2022 est celui de l'utilisation de solvants et de produits chimiques (86,9 % des émissions des procédés industriels). En agriculture, la gestion des déjections et les sols agricoles contribuent de manière équivalente aux émissions en 2022. Pour le secteur énergie, c'est le secteur regroupant le résidentiel, tertiaire, commercial et les engins du secteur agricole/sylvicole qui est le premier contributeur en 2022 (67,7 % des émissions du secteur énergie), principalement en lien avec la combustion du bois dans les petits équipements domestiques.

Parmi les mesures visant ce polluant au sein du PREPA, sont cités l'application des meilleures techniques disponibles dans l'industrie, le renforcement des contrôles et le cofinancement, avec les collectivités, des aides au renouvellement des équipements de chauffage au bois peu performants dans le secteur résidentiel/tertiaire.

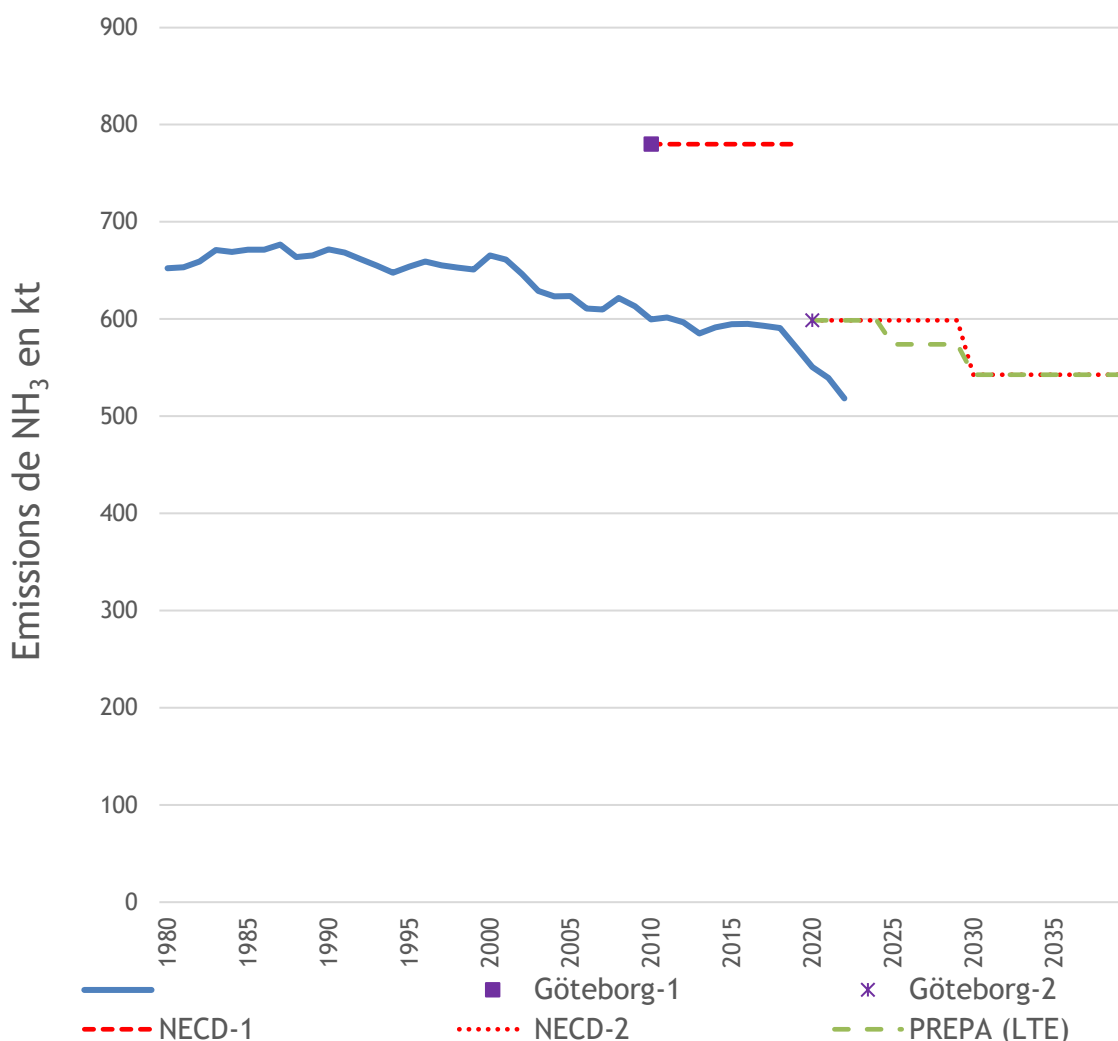


Figure 183 : Evolution des émissions de NH<sub>3</sub> et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

Les plafonds Göteborg-1 et NECD-1 à respecter sur la période 2010-2019 sont identiques pour le NH<sub>3</sub> (780 kt) et ont été largement respectés.

Dans le cadre de Göteborg-2 et NECD-2, l'objectif de réduction de -4% par rapport à 2005 est atteint en 2020, 2021 et 2022 avec des émissions 2022 de 518 kt, soit une réduction de 17% par rapport à 2005.

L'objectif de réduction 2030 (-13% par rapport à 2005) est déjà atteint en 2021 (-13 %) et en 2022 (-17 %).

Pour rappel, le principal secteur émetteur d'ammoniac est le secteur agricole, représentant 94,0 % des émissions en 2022. Ces émissions sont en baisse sur la période, principalement en lien avec le recul des cheptels et de la fertilisation minérale.

Parmi les mesures prises dans le cadre du PREPA afin de réduire ces émissions, sont mis en avant l'utilisation d'engrais moins émissifs, l'utilisation de matériels d'épandage moins émissifs (pendillards, injecteurs, enfouissement post-épandage rapide), le contrôle de l'interdiction des épandages aériens, le financement de projets pilote et la mobilisation des financements européens, nationaux et locaux. Un accompagnement du secteur agricole est également prévu dans le plan pour la diffusion des bonnes pratiques, avec, entre autres, la diffusion en 2019 d'un guide des bonnes pratiques agricoles pour l'amélioration de la qualité de l'air composé de 14 fiches pratiques à destination des agriculteurs et des conseillers agricoles.

D'autres actions ont été entreprises, notamment avec l'annonce en 2021 par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA), de l'adoption d'un plan d'actions ministériel visant à supprimer l'utilisation des matériels les plus émissifs en 2025 (dit plan matériels d'épandage moins émissifs ou PMEE), ou encore avec l'intégration au sein de la Loi Climat et Résilience d'une trajectoire annuelle de réduction des émissions de NH<sub>3</sub> avec déclenchement d'une redevance à partir de 2024 si les objectifs ne sont pas tenus.

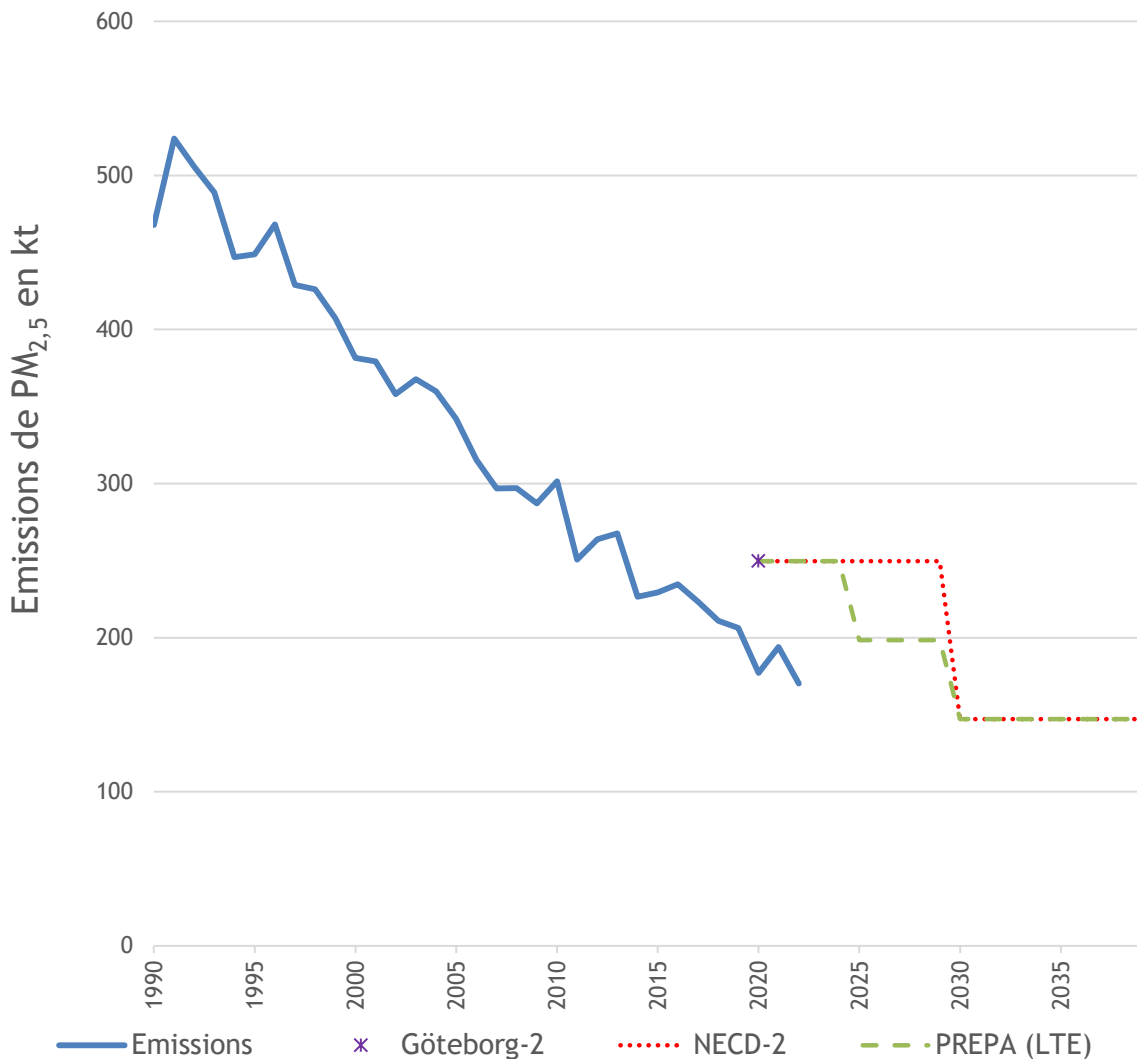


Figure 184 : Evolution des émissions de  $PM_{2,5}$  et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

En 2022, les émissions de  $PM_{2,5}$  sont inférieures à celles de 2020 et de 2021, confirmant la tendance à la baisse des émissions.

Le Protocole de Göteborg amendé introduit un engagement pour les  $PM_{2,5}$  en plus de ceux pour le  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $NH_3$  et des COVNM. Sur la période 2020-2029, l'objectif de réduction par rapport à 2005 est de -27% au moins. Cet objectif est atteint pour l'année 2020 avec -48 % de réduction par rapport à 2005, idem pour 2021 avec -43% de réduction.

Concernant 2022, les émissions de  $PM_{2,5}$  sont de 170 kt soit une réduction de 50 % par rapport à 2005 : l'objectif 2022 est également atteint.

Des réductions supplémentaires seront nécessaires pour atteindre l'objectif 2030 (-57 % par rapport à 2005) : il faudra au moins une baisse de 23 kt entre 2022 et 2030, représentant une baisse de 14% entre ces deux années.

Pour rappel, en 2022, le secteur énergie est responsable de 75,9 % des émissions de  $PM_{2,5}$ , devant le secteur des procédés industriels responsable de 11,7 % des émissions nationales. Le contributeur majeur en 2022 au sein du secteur énergie est le secteur regroupant le résidentiel, tertiaire, commercial et les engins du secteur agricole/sylvicole, principalement du fait de la combustion de biomasse dans le résidentiel (79,1 % des émissions de  $PM_{2,5}$ ). Le transport est le deuxième contributeur

aux émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur de l'énergie (12,5% des émissions de PM<sub>2,5</sub>). Au niveau des procédés industriels, c'est le secteur de la construction et de la manutention dans les carrières qui est le premier contributeur (48,9 % des émissions du secteur en 2022), suivi par le secteur de l'industrie chimique (37,1 %).

Des mesures sont présentes dans le nouvel arrêté PREPA, avec entre autres le renforcement et la simplification des dispositifs d'accompagnement pour accélérer le renouvellement des appareils de chauffage au bois, l'encadrement du chauffage au bois notamment dans chaque zone PPA (Plan de protection de l'Atmosphère) et l'ambition de réduire de 50% les émissions totales de PM<sub>2,5</sub> liées au chauffage au bois en 2030 ainsi que des mesures visant le transport telles que la mise en œuvre des zones faibles émissions mobilité (ZFE-m) et l'incitation aux mobilités actives et partagées.

Les deux tableaux suivants récapitulent la situation de la France vis à vis des objectifs fixés dans les divers Protocoles et directives, à partir des résultats de la dernière mise à jour de l'inventaire fournie dans le présent rapport. Le premier tableau (Tableau 203) présente la situation relativement aux anciens objectifs/protocoles. Le second tableau (Tableau 204), récapitule la situation actuelle par rapport aux objectifs en cours et à venir.

**Tableau 203 : Anciens objectifs d'émissions de la France**

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx /Tot\_nat

Substance	Unité	Protocole	Référence		Objectif		Position par rapport aux objectifs		
			Année	Niveau d'émission	Année	Engagement relatif ou absolu (1)	Année	Niveau d'émission	Atteinte des objectifs
SO <sub>2</sub>	Gg	Helsinki	1980	3 185	1993	1 274	1993	1 067	Oui
		Oslo			2000	868	2000	616	Oui
		Oslo			2005	770	2005	457	Oui
		Oslo			2010	737	2010	271	Oui
		Göteborg-1			2010	400	2010	271	Oui
		NECD-1			2010	375	2010	271	Oui
NOx	Gg	Sofia	1987	2 049	1994	2 049	1994	2 013	Oui
		Sofia	1980	2 197	1998	1 538	1998	1 910	Non
		Göteborg-1			2010	860	2010	1 233	Non (*)
		NECD-1			2010	810	2010	1 233	Non (*)
NH <sub>3</sub>	Gg	Göteborg-1			2010	780	2010	599	Oui
		NECD-1			2010	780	2010	599	Oui
COVNM	Gg	Genève	1988	2 950	1999	2 065	1999	2 238	Non
		Göteborg-1			2010	1100	2010	1 457	Oui
		NECD-1			2010	1050	2010	1 457	Oui

(1) Les objectifs peuvent être relatifs (colorés dans le tableau) ce qui correspond à un objectif de réduction des émissions entre une année de référence et une année d'échéance ou absolu qui correspond à une valeur d'émission à ne pas dépasser pour une année d'échéance.

(\*) Objectif non atteint pour l'année prévue, mais atteint les années suivantes en prenant en compte les procédures d'ajustement transport et agriculture

Tableau 204 : Objectifs en cours ou à venir d'émissions de la France et situation en 2022

Source Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

unece.xlsx / Tot\_nat

Substance	Unité	Protocole	Référence		Objectif		Position par rapport aux objectifs		
			Année	Niveau d'émission	Année	Engagement relatif (1)	Année	Evolution émission	Atteinte des objectifs
SO <sub>2</sub>	Gg	Göteborg-2 & NECD-2	2005	457	2020	-55%	2020	-80%	Oui
			2005	457			2021	-78%	Oui
		NECD-2	2005	457	2030	-77%	2022	-81%	Oui
			2005	457					
NO <sub>x</sub>	Gg	Göteborg-2 & NECD-2	2005	1 611	2020	-50%	2020	-55%	Oui
			2005	1 611			2021	-54%	Oui
		NECD-2	2005	1 611	2030	-69%	2022	-57%	Oui
			2005	1 611					
NH <sub>3</sub>	Gg	Göteborg-2 & NECD-2	2005	624	2020	-4%	2020	-12%	Oui
			2005	624			2021	-14%	Oui
		NECD-2	2005	624	2030	-13%	2022	-17%	Oui
			2005	624					
COVNM (2)	Gg	Göteborg-2 & NECD-2	2005	1 381	2020	-43%	2020	-52%	Oui
			2005	1 381			2021	-51%	Oui
		NECD-2	2005	1 381	2030	-52%	2022	-53%	Oui
			2005	1 381					
PM <sub>2,5</sub>	Gg	Göteborg-2	2005	342	2020	-27%	2020	-48%	Oui
			2005	342			2021	-43%	Oui
		NECD-2	2005	342	2030	-57%	2022	-50%	Oui
			2005	342					
Cd	Mg	protocole d'Aarhus	1990	20		0%	2022	-87%	Oui
Hg	Mg		1990	26			2022	-90%	Oui
Pb	Mg		1990	4 288			2022	-98%	Oui
PCDD/F	g ITEQ		1990	1 802			2022	-93%	Oui
Total HAP	Mg		1990	46			2022	-27%	Oui
BaP	Mg		1990	13			2022	-26%	Oui
BbF	Mg		1990	15			2022	-28%	Oui
BkF	Mg		1990	9			2022	-27%	Oui
IndPy	Mg		1990	8			2022	-25%	Oui
HCB	kg		1990	1 197			2022	-99%	Oui

(1) Les objectifs relatifs correspondent à un objectif de réduction des émissions entre une année de référence et une année d'échéance.

(2) Les chiffres d'émissions et les pourcentages de réduction sont sur le périmètre hors COVNM biogénique agricole.

## 11.2 Cas particulier des objectifs de réduction des COVNM à partir de 2020 - Procédure d'ajustement dans le cadre de Göteborg-2

### 11.2 NMVOC target case since 2020 - Gothenburg-2 Protocol adjustment process

L'objectif de réduction d'émissions fixé par le Protocole de Göteborg amendé pour les COVNM à partir de 2020 est de -43% par rapport à 2005. Sur la base de l'inventaire sans prise en compte d'ajustement, la réduction des émissions de COVNM par rapport à 2005 est de -40% en 2020 et 2021 et de -41% en 2022, ce qui n'est pas suffisant par rapport à l'objectif.

Toutefois, dans ce cas, il est prévu une possible procédure d'ajustement des inventaires d'émissions nationaux afin de les rendre comparables avec les méthodes et/ou périmètres d'inventaires utilisées

au moment où les objectifs de réduction ont été fixés. Cette procédure peut s'appliquer dans les trois situations suivantes :

- En cas de nouvelles sources d'émissions qui n'étaient pas prises en compte précédemment lors de l'établissement des objectifs de réduction.
- En cas de changements important des facteurs d'émission.
- Plus généralement, en cas de changements méthodologiques importants sur la détermination des émissions.

Ainsi, cette procédure d'ajustement permet de pouvoir évaluer le respect ou non des objectifs de réduction dans des conditions comparables, en faisant abstraction des sources d'émissions ajoutées et/ou des améliorations des inventaires des émissions qui empêcheraient d'atteindre les objectifs de réduction (sachant que les objectifs de réduction d'émission ne sont pas révisés en fonction de l'avancée des connaissances scientifiques et techniques à la différence des inventaires).

En effet, les objectifs fixés antérieurement, exprimés en valeurs absolues ou en relatif, ont été déterminés sur la base d'un périmètre donné de sources et selon des méthodologies qui ont pu évoluer depuis. La procédure dite « d'ajustement » consiste alors à se remettre sur le même périmètre de sources et/ou appliquer la méthodologie initiale pour que les résultats d'émissions soient comparables.

Dans le présent cas des COVNM, il s'agit d'un ajustement sur le périmètre de sources i.e. la soustraction des émissions de COVNM biogéniques de l'agriculture (NFR 3B et NFR 3D) pour disposer de totaux nationaux 2005, 2020, 2021 et 2022 sans ces sources qui n'avaient pas été prises en compte dans les objectifs de réduction Göteborg-2. Les émissions de COVNM de l'agriculture ont été ajoutées dans le total national de l'inventaire à partir de l'édition 2021. Ces totaux nationaux ajustés 2005, 2020, 2021 et 2022, présentés dans le tableau ci-dessous, permettent de vérifier l'objectif de réduction Göteborg-2 à partir de 2020.

**Tableau 205 : Inventaire COVNM avec prise en compte des ajustements pour l'agriculture**

COVNM (Gg)	2005	2020	2021	2022	% de réduction 2020 VS 2005	% de réduction 2021 VS 2005	% de réduction 2022 VS 2005
<b>Ajustement agriculture</b>	-413	-416	-394	417			
<b>Total COVNM ajustés</b>	1 381	664	683	648	-52%	-51%	-53%
Objectif Göteborg-2/NECD-2 (-43%) atteint ?		oui	oui	oui			

NB : l'ajustement pour le contrôle des objectifs de réduction à partir de 2020 est fait automatiquement pour la NECD2 dans les tables NFR.

## Acronymes et abréviations

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AIE	Agence Internationale de l'Energie
AEE	Agence Européenne de l'Environnement
Aeq	Indicateur acide équivalent
As	Arsenic
APU	Auxiliary Power Unit (turbomoteur)
BaP	Benzo(a)pyrène
BbF	Benzo(b)fluoranthène
BC	<i>Black Carbon</i>
BkF	Benzo(k)fluoranthène
BTP	Bâtiment, Travaux Publics
IndPy	Indéno(1,2,3-cd)pyrène
CCFA	Comité des Constructeurs Français d'Automobiles
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC en anglais)
CCTN	Commission des Comptes des Transports de la Nation
Cd	Cadmium
CE	Commission européenne
CEE-NU	Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies (United Nations Economic Commission for Europe - UNECE en anglais)
CEPE	Conseil Européen de l'industrie des <i>Peintures</i> , des Encres d'imprimerie et des couleurs d'art
CERTU	Centre d'Etudes sur les Réseaux de Transport et l'Urbanisme
CH <sub>4</sub>	Méthane
CMS	Combustibles minéraux solides
CSNM	Chambre Syndicale Nationale du Motocycle
CO	Monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
COD	Carbone Organique Dégradable
COM	Collectivités d'Outre-Mer (Mayotte jusqu'en 2010, Polynésie française, Saint-Barthélemy, Saint-Martin, Saint-Pierre et Miquelon et Wallis et Futuna)
COBRA	Composés Organiques de la Biomasse Rejetés dans l'Atmosphère (logiciel de modélisation des émissions)
COPERT	COmputer Programme to calculate Emissions from Road Traffic
CORINAIR	CORe INventory of AIR emissions
CORPEN	Comité d'ORientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'ENVironnement
COV(NM)	Composés Organiques Volatils (Non Méthaniques)
CPATLD	Convention sur la Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance Long Range Transboundary Air Pollution (LRTAP)
CPDP	Comité Professionnel Du Pétrole
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
DASRI	Déchets d'Activité de Soins à Risques Infectieux
DD	Déchets Dangereux
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DGE	Direction Générale des Entreprises
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat
DIB	Déchet Industriel Banal
DMA	Déchets Ménagers et Assimilés
DOM	Départements d'Outre-Mer (Guadeloupe, Guyane, Ile de la Réunion, Martinique et Mayotte depuis 2011)



DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
DSCR	Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières
EACEI	Enquête Annuelle des Consommations d'Energie dans l'Industrie
EEA	European Environment Agency
EIONET	European Environment Information and Observation Network (Réseau européen d'observation et d'information sur l'environnement)
EGTEI	Expert Group on Techno-Economic Issues Groupe d'experts sur les aspects technico-économiques créé dans le cadre de la CEE-NU CPATLD et du protocole de Göteborg.
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EMNR	Engins Mobiles Non Routiers
E-PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register
FE	Facteur d'émission
FFA	Fédération Française de l'Acier
FIPEC	Fédération des Industries des Peintures, Encres, Couleurs, colles et adhésifs
FOD	Fuel-Oil Domestique
FOL	Fuel-Oil Lourd
GCIIE	Groupe de Concertation et d'Information sur les Inventaires d'Emission
GEREP	Gestion Electronique du Registre des Emissions Polluantes
Gg	1 Gg (Gigagramme) = 1 000 Mg = 1 kt = 1 000 t
GIC	Grandes Installations de Combustion
GIEC	Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (IPCC pour Intergovernmental Panel on Climate Change en anglais)
GNV	Gaz naturel pour véhicules
GPL(-c)	Gaz de Pétrole Liquéfié (-carburant)
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCB	Hexachlorobenzène
HFC	Hydrofluorocarbures
Hg	Mercurie
ISDND	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
IFN	Inventaire Forestier National
IFSTTAR	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
ITEQ	International Toxic Equivalent Equivalent toxique international
INRETS	Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité
INS	Inventaire national spatialisé
LCP	Large Combustion Plant (GIC en français)
LTO	Landing and Take-Off (Phase de décollage et d'atterrissage des aéronefs)
MAA	Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
MTECT	Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires
MEET	Methodology for calculating transport emissions and energy consumption
MINEFI	Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie
Mg	1 Mg (Mégagramme) = 1 t
N <sub>2</sub> O	Protoxyde d'azote
NAPFUE	Nomenclature for Air Pollution of FUEls
NC	Nouvelle-Calédonie
NEC	National Emission Ceilings Plafonds d'Emissions Nationaux
NFR	Nomenclature de Formalisation des Résultats Nomenclature For Reporting
NH <sub>3</sub>	Ammoniac
Ni	Nickel
NO <sub>x</sub>	Oxydes d'azotes : Monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )
NU	Nations Unies
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
ONF	Office National des Forêts
OPALE	Ordonnancement du Parc Automobile en Liaison avec les Emissions

OSPARCOM	OSlo and PARis COMmissions
PATLD	Pollution Atmosphérique Transfrontière à Longue Distance
Pb	Plomb
PCB	Polychlorobiphényles
PCCDF	Polychlorinated dibenzo-p-dioxins polychlorinated dibenzofurans (Dioxines et furanes)
PFC	Perfluorocarbures
PL	Poids lourds
PM	Particulate Matter Matière particulaire
POP	Produits Organiques Persistants
PRG	Potentiel de Réchauffement Global (GWP en anglais)
PTOM	Pays et Territoire d'Outre-Mer
PU	Polyuréthane
PVC	Polychlorure de vinyle
RISQ	Réseau Intégré du Système Qualité (outil interne au Citepa)
SCCP	Short-Chained Chlorinated Paraffins Paraffines chlorées à chaîne courte
SCR	Selective Catalytic Reduction (Réduction Sélective Catalytique)
SEQE	Système d'Echanges de Quotas d'Emissions
Se	Sélénium
SECTEN	SECTeurs économiques et ENergie
SETRA	Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
SNAP 97c	Selected Nomenclature for Air Pollution (Nomenclature Spécifique pour la Pollution de l'Air - version étendue par le Citepa)
SNCR	Selective Non Catalytic Reduction (Réduction Sélective Non Catalytique)
SNIEBA	Système National d'Inventaires d'Emissions et de Bilans dans l'Atmosphère
SDES	Service de la Donnée et des Etudes Statistiques
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
SO <sub>3</sub>	Trioxyde de soufre
SSP	Service de la Statistique et de la Prospective
TAG	Turbine à gaz
Tg	1 Tg (Teragramme) = 1 000 Gg = 1 000 000 Mg = 1000 kt = 1 000 000 t
TSP	Total Suspended Particles (Poussières totales en suspension)
UIDND	Usine d'Incinération de Déchets Non Dangereux
UNIFA	Union des industries de la fertilisation
USIRF	Union des syndicats de l'industrie routière française
UTCATF	Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Foresterie (Land Use, Land Use Change and Forestry - LULUCF en anglais)
VESUVE	VERification et SUivi des fiches de l'inVENTaire (outil interne au Citepa)
VP	Véhicules particuliers
Zn	Zinc

# Table des figures

## Table of figures

Figure 1 : Schéma organisationnel simplifié.....	37
Figure 2 : Typologie des sources au regard de l'utilisation de l'énergie.....	43
Figure 3 : Rangs par polluant des catégories clés en niveau d'émissions en 2022.....	46
Figure 4 : Rangs par polluant des catégories clés en évolution d'émissions en 2022.....	47
Figure 5 : Diminution (en %) des émissions en France (métropole) entre 1990 et 2022.....	64
Figure 6 : Evolution des émissions de SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , COVNM et CO entre 1990 et 2022 (base 100 en 1990).....	66
Figure 7 : Evolution et répartition des émissions de SO <sub>2</sub> en France métropolitaine.....	67
Figure 8 : Evolution et répartition des émissions de NO <sub>x</sub> en France métropolitaine.....	68
Figure 9 : Evolution et répartition des émissions de COVNM en France métropolitaine.....	70
Figure 10 : Evolution et répartition des émissions de CO en France métropolitaine.....	71
Figure 11 : Evolution et répartition des émissions de NH <sub>3</sub> en France métropolitaine.....	73
Figure 12 : Evolution des émissions de métaux lourds entre 1990 et 2022 (base 100 en 1990).....	74
Figure 13 : Evolution et répartition des émissions de Pb en France métropolitaine.....	75
Figure 14 : Evolution et répartition des émissions de Cd en France métropolitaine.....	76
Figure 15 : Evolution et répartition des émissions de Hg en France métropolitaine.....	77
Figure 16 : Evolution et répartition des émissions de Ni en France métropolitaine.....	78
Figure 17 : Evolution et répartition des émissions de Cu en France métropolitaine.....	79
Figure 18 : Evolution et répartition des émissions de As en France métropolitaine.....	80
Figure 19 : Evolution et répartition des émissions de Cr en France métropolitaine.....	82
Figure 20 : Evolution et répartition des émissions de Zn en France métropolitaine.....	83
Figure 21 : Evolution et répartition des émissions de Se en France métropolitaine.....	84
Figure 22 : Evolution des émissions de POP entre 1990 et 2022 (base 100 en 1990).....	85
Figure 23 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F en France métropolitaine.....	86
Figure 24 : Evolution et répartition des émissions de HAP en France métropolitaine.....	87
Figure 25 : Evolution et répartition des émissions de PCB en France métropolitaine.....	88
Figure 26 : Evolution et répartition des émissions de HCB en France métropolitaine.....	89
Figure 27 : Evolution des émissions de particules entre 1990 et 2022 (base 100 en 1990).....	90
Figure 28 : Evolution et répartition des émissions de TSP en France métropolitaine.....	91
Figure 29 : Evolution et répartition des émissions de PM <sub>10</sub> en France métropolitaine.....	93
Figure 30 : Evolution et répartition des émissions de PM <sub>2,5</sub> en France métropolitaine.....	94
Figure 31 : Evolution et répartition des émissions de BC en France métropolitaine.....	95
Figure 32 : Evolution et répartition des émissions de NO <sub>x</sub> du secteur énergie (kt).....	98
Figure 33 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur énergie (kt).....	99
Figure 34 : Evolution et répartition des émissions de SO <sub>x</sub> du secteur énergie (kt).....	100
Figure 35 : Evolution et répartition des émissions de NH <sub>3</sub> du secteur énergie (kt).....	102
Figure 36 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur énergie (kt).....	103
Figure 37 : Evolution et répartition des émissions de PM <sub>2,5</sub> du secteur énergie (kt).....	104
Figure 38 : Evolution et répartition des émissions de PM <sub>10</sub> du secteur énergie (kt).....	105
Figure 39 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur énergie (kt).....	106
Figure 40 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur énergie (kt).....	107
Figure 41 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur énergie (kt).....	108
Figure 42 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur énergie (kt).....	109
Figure 43 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur énergie (kt).....	110
Figure 44 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur énergie (kt).....	111
Figure 45 : Evolution et répartition des émissions de HAPs totaux du secteur énergie (t).....	112
Figure 46 : Evolution et répartition des émissions de HCB du secteur énergie (kg).....	113

Figure 47 : Zoom sur les années 1994 à 2022 : évolution et répartition des émissions de HCB du secteur énergie (kg) .....	114
Figure 48 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur énergie (kg) .....	115
Figure 49 : Mix de combustibles des centrales thermiques de production d'électricité en Métropole .....	133
Figure 50 : Évolution du « panier » de combustibles des installations de chauffage urbain .....	135
Figure 51 : Brut traité dans les raffineries en France métropolitaine et Martinique (Périmètre Kyoto) .....	137
Figure 52 : Consommation des différents modes de transports sur la période 1980 - 2022 et répartition en 2022 (y compris agro-carburants). .....	230
Figure 53 : Consommation de kérosène, de bio-kérosène et d'essence aviation du cycle LTO de l'aviation civile .....	235
Figure 54 : Consommation de kérosène, de bio-kérosène et d'essence aviation de la croisière de l'aviation civile (hors total national) .....	235
Figure 55 : Nombre de mouvements du cycle LTO de l'aviation civile .....	235
Figure 56 : Trafic domestique en millions de passagers.km équivalents (MT : Métropole et OM_UE : Outre-mer (UE)) .....	236
Figure 57 : Trafic international en millions de passagers.km équivalents .....	236
Figure 58 : Consommation des différents combustibles du transport routier .....	238
Figure 59 : Taux d'incorporation d'agro-carburants en France métropolitaine .....	238
Figure 60 : Taux de diésélisation du parc des véhicules particuliers en France métropolitaine et sur tout le territoire national. ....	239
Figure 61 : Trafic (tous véhicules) en France Métropolitaine. ....	239
Figure 62 : Consommations d'énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine .....	240
Figure 63 : Trafics ferroviaires de passagers (en Milliard de voyageurs x kilomètres) et de marchandises (en Milliard de tonnes x kilomètres) .....	240
Figure 64 : Consommations des différentes énergies (y compris agro-carburants) en France métropolitaine du transport maritime domestique (1.A.3.d.) .....	245
Figure 65 : Répartition des tonneskilomètres du transport fluvial de marchandises entre la partie domestique et internationale. ....	246
Figure 66 : Consommations d'énergies (gaz naturel) en France métropolitaine .....	246
Figure 67 : Logigramme du processus d'estimation des émissions .....	250
Figure 68 : Parc statique (Nombre) des véhicules routiers en Métropole .....	256
Figure 69 : Kilométrage moyen des véhicules routiers en Métropole .....	258
Figure 70 : Parc roulant (véhiculesxkilomètre) des véhicules routiers en Métropole .....	258
Figure 71 : Evolution des teneurs en soufre des carburants .....	260
Figure 72 : Logigramme du processus d'estimation des émissions. ....	267
Figure 73 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport maritime .....	270
Figure 74 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport par voie navigable .....	272
Figure 75 : Logigramme du processus d'estimation des émissions. ....	274
Figure 76 : Comparaison entre les consommations théoriques du modèle et les ventes totales françaises de carburants .....	275
Figure 77 : Comparaison entre les consommations de carburants du routier sur le territoire et les ventes/livraisons à usage routier (en métropole) .....	275
Figure 78 : Consommation d'énergie finale dans les différents sous-secteurs (Périmètre France UE) .....	279
Figure 79 : Extraction de gaz naturel (périmètre France UE) .....	317
Figure 80 : Longueur de réseau du gaz naturel en France (périmètre France UE) .....	318
Figure 81 : Evolution et répartition des émissions de NOx du secteur Procédés industriels (kt) ....	333
Figure 82 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur Procédés industriels (kt) .....	334
Figure 83 : Evolution et répartition des émissions de SOx du secteur Procédés industriels (kt) .....	335
Figure 84 : Evolution et répartition des émissions de NH <sub>3</sub> du secteur Procédés industriels (kt) .....	336

Figure 85 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur Procédés industriels (kt).....	337
Figure 86 : Evolution et répartition des émissions de PM <sub>2,5</sub> du secteur Procédés industriels (kt) ...	338
Figure 87 : Evolution et répartition des émissions de PM <sub>10</sub> du secteur Procédés industriels (kt)....	339
Figure 88 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur Procédés industriels (kt).....	341
Figure 89 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur Procédés industriels (kt) .....	342
Figure 90 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur Procédés industriels (t) .....	343
Figure 91 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur Procédés industriels (t) .....	344
Figure 92 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur Procédés industriels (t) .....	345
Figure 93 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur Procédés industriels (g I-TEQ) .....	346
Figure 94 : Evolution et répartition des émissions de HAPs du secteur Procédés industriels (t) ....	347
Figure 95 : Evolution et répartition des émissions de HCB du secteur Procédés industriels (kg) ....	348
Figure 96 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur Procédés industriels (kg) ....	348
Figure 97 : Répartition des émissions des ateliers sidérurgiques au sein des secteurs de l'inventaire .....	383
Figure 98 : Principes de la méthode de calcul des émissions de fluides frigorigènes .....	423
Figure 99 : Postes d'émission et polluants associés en agriculture.....	428
Figure 100 : Évolution des émissions de NO <sub>x</sub> du secteur agricole (kt) .....	430
Figure 101 : Évolution des émissions de COVNM du secteur agricole (kt).....	431
Figure 102 : Évolution des émissions de SO <sub>x</sub> du secteur agricole (kt) .....	432
Figure 103 : Évolution des émissions de NH <sub>3</sub> du secteur agricole (kt) .....	433
Figure 104 : Évolution des émissions de CO du secteur agricole (kt) .....	434
Figure 105 : Évolution et répartition des émissions de PM <sub>2,5</sub> du secteur agricole (kt) .....	435
Figure 106 : Évolution et répartition des émissions de PM <sub>10</sub> du secteur agricole (kt) .....	436
Figure 107 : Évolution et répartition des émissions de TSP du secteur agricole (kt) .....	437
Figure 108 : Évolution des émissions de BC du secteur agricole (kt) .....	438
Figure 109 : Évolution des émissions de Pb du secteur agricole (t).....	438
Figure 110 : Évolution des émissions de Cd du secteur agricole (t).....	439
Figure 111 : Évolution des émissions de Hg du secteur agricole (t).....	440
Figure 112 : Évolution des émissions de PCDD-F du secteur agricole (g I-TEQ) .....	440
Figure 113 : Évolution des émissions de HAPs du secteur agricole (t).....	441
Figure 114 : Évolution des émissions de HCB du secteur agricole (kg) .....	441
Figure 115 : Récapitulatif des méthodes d'ajustement de la statistique agricole annuelle (SAA) ..	443
Figure 116 : Évolution des cheptels bovins au périmètre Métropole .....	449
Figure 117 : Évolution des cheptels porcins au périmètre Métropole .....	450
Figure 118 : Évolution des cheptels ovins et caprins au périmètre Métropole .....	451
Figure 119 : Evolution des cheptels équins au périmètre Métropole .....	452
Figure 120 : Evolution des cheptels poules et poulets au périmètre Métropole .....	452
Figure 121 : Evolution des cheptels autres volailles et lapines au périmètre Métropole .....	453
Figure 122 : Répartition entre types d'effluents pour les bovins (périmètre Métropole) .....	455
Figure 123 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins (périmètre Métropole) .....	456
Figure 124 : Répartition des systèmes de gestion des déjections ovins, caprins, équins (périmètre Métropole) .....	457
Figure 125 : Répartition des systèmes de gestion des déjections volailles et lapines (périmètre Métropole) .....	458
Figure 126 : Evolution du nombre de sites de méthanisation agricole en France.....	459
Figure 127. Estimation des quantités d'intrants alimentant les méthaniseurs agricoles en France. Source : Citepa d'après sources multiples : AILE, AREC, DREAL, ADEME.....	460
Figure 128. Estimation des rations moyennes des méthaniseurs agricoles par ancienne région (avant réforme 2016) - Source : Citepa d'après sources multiples : AILE, AREC, DREAL, ADEME.....	461
Figure 129 : Evolution des pourcentages d'emplacement méthanisés en bovins et porcins .....	463

Figure 130 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins avec méthanisation (périmètre Métropole).....	465
Figure 131 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins avec méthanisation (périmètre Métropole).....	466
Figure 132 : Evolution de la part de différents fourrages dans la ration moyenne des vaches laitières, hors pâture.....	467
Figure 133 : Évolution des superficies cultivées des principales cultures en France métropolitaine - Source : Agreste - SAA.....	478
Figure 134 : Évolution des superficies fourragères en France métropolitaine - Source : Agreste - SAA .....	478
Figure 135: Répartition des émissions de NH <sub>3</sub> par grande catégorie animale en 1990 et 2022 .....	480
Figure 136 : Evolution du facteur d'émission moyen de NH <sub>3</sub> recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990.....	480
Figure 137 : Répartition des émissions de NOx par grande catégorie animale en 1990 et 2022 .....	481
Figure 138 : Évolution du facteur d'émission moyen de NOx recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990.....	481
Figure 139 : Répartition des émissions de PM <sub>10</sub> par grande catégorie animale en 1990 et 2022.....	482
Figure 140: Evolution du facteur d'émission moyen de PM <sub>10</sub> recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990.....	482
Figure 141 : Répartition des émissions de PM <sub>2,5</sub> par grande catégorie animale en 1990 et 2022 ....	483
Figure 142 : Evolution du facteur d'émission moyen de PM <sub>2,5</sub> recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990.....	483
Figure 143 : Répartition des émissions de COVNM par grande catégorie animale en 1990 et 2022 .	484
Figure 144 : Evolution du facteur d'émission moyen de COVNM recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990.....	484
Figure 145 : Illustration fictive du retraitement des données de traitement de l'air en bâtiments porcins effectué pour mettre en cohérence le périmètre géographique des enquêtes pratiques d'élevage .....	489
Figure 146 : Suivi de l'azote en gestion liquide .....	495
Figure 147 : Suivi de l'azote en gestion solide .....	495
Figure 148 : Suivi de l'azote en gestion liquide avec méthanisation.....	496
Figure 149: Suivi de l'azote en gestion solide avec méthanisation.....	496
Figure 150 : Répartition des émissions de NH <sub>3</sub> à l'épandage et à la pâture par grands postes .....	511
Figure 151 : Moyenne lissée sur deux campagnes des quantités d'azote livrées issues des engrais minéraux épandus en Métropole (1000 tN) .....	512
Figure 152 : Estimations des quantités de substances actives utilisées en France .....	522
Figure 153 : Parc français des installations d'incinération des ordures ménagères (gauche) de stockage de déchets non dangereux (droite).....	536
Figure 154 : Evolution de la quantité de déchets municipaux par filière de traitement centralisées (Périmètre France UE).....	536
Figure 155 : Evolution et répartition des émissions de NOx du secteur déchets (kt) .....	538
Figure 156 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur déchets (kt).....	539
Figure 157 : Evolution et répartition des émissions de SOx du secteur déchets (kt) .....	540
Figure 158 : Evolution des émissions de NH <sub>3</sub> du secteur déchets (kt) .....	541
Figure 159 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur déchets (kt) .....	542
Figure 160 : Evolution et répartition des émissions de PM <sub>2,5</sub> du secteur déchets (kt) .....	543
Figure 161 : Evolution et répartition des émissions de PM <sub>10</sub> du secteur déchets (kt) .....	544
Figure 162 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur déchets (kt) .....	544
Figure 163 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur déchets (kt) .....	545
Figure 164 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur déchets (t).....	546
Figure 165 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur déchets (t).....	547
Figure 166 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur déchets (t).....	548

Figure 167 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur déchets (g I-TEQ) .....	549
Figure 168 : Evolution et répartition des émissions de HAPs du secteur déchets (t) .....	550
Figure 169 : Evolution des émissions de HCB du secteur déchets (kg) .....	551
Figure 170 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur déchets (kg) .....	552
Figure 171 : Quantité de DMA (kt) avec et sans récupération d'énergie (Métropole et DOM) .....	563
Figure 172 : Répartition de la population par type de traitement/rejet des eaux usées domestiques en Métropole.....	581
Figure 173 : Evolution des modes de traitement des eaux usées domestiques .....	582
Figure 174 : Incendies de bâtiments en France (en nombre) - Périmètre SDIS - Dernière année disponible : 2021. ....	586
Figure 175 : Incendies de bâtiments en France (en nombre) - Périmètre EMEP - Dernière année disponible : 2021. ....	586
Figure 176 : Logigramme du processus d'estimation des émissions. ....	594
Figure 177 : Méthodologie utilisée pour la reconstitution des surfaces incendiées en forêt depuis 1990 .....	596
Figure 178 : Synthèse des compartiments carbone estimés dans le calcul feux de forêt .....	599
Figure 179 : Logigramme du processus d'estimation des émissions. ....	603
Figure 180 : Evolution des émissions de SO <sub>2</sub> et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC .....	622
Figure 181 : Evolution des émissions de NO <sub>x</sub> et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC .....	623
Figure 182 : Evolution des émissions de COVNM et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC ...	625
Figure 183 : Evolution des émissions de NH <sub>3</sub> et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC .....	626
Figure 184 : Evolution des émissions de PM <sub>2,5</sub> et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC .....	628
Figure 185 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les bovins .....	690
Figure 186 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les porcins .....	691
Figure 187 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les ovins.....	691
Figure 188 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les caprins .....	692
Figure 189 : Illustration fictive du retraitement des données effectué pour mettre en cohérence le périmètre géographique des enquêtes pratiques d'élevage.....	693

# Table des tableaux

## List of tables

Tableau 1 : Emissions en France (Métropole) en 2022 et évolutions .....	25
Tableau 2 : Emissions dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024 .....	27
Tableau 3 : Couverture géographique de la France .....	30
Tableau 4 : Liste des statistiques et données émanant d'organismes publics .....	34
Tableau 5 : Définition des codes de notation .....	57
Tableau 6 : Liste des sources couvertes par la notation « NE » .....	57
Tableau 7 : Explication sur l'emploi de la notation « IE» .....	58
Tableau 8 : Explication sur l'emploi des notations « NO » et « C » .....	59
Tableau 9 : Sources incluses dans les rubriques NFR "Autres" .....	60
Tableau 10 : Emissions de SO <sub>2</sub> par secteur NFR (kt) .....	66
Tableau 11 : Emissions de NO <sub>x</sub> par secteur NFR (kt) .....	68
Tableau 12 : Emissions de COVNM par secteur NFR (kt) .....	69
Tableau 13 : Emissions de CO par secteur NFR (kt) .....	71
Tableau 14 : Emissions de NH <sub>3</sub> par secteur NFR (kt) .....	72
Tableau 15 : Emissions de Pb par secteur NFR (t) .....	74
Tableau 16 : Emissions de Cd par secteur NFR (t) .....	76
Tableau 17 : Emissions de Hg par secteur NFR (t) .....	77
Tableau 18 : Emissions de Ni par secteur NFR (t) .....	78
Tableau 19 : Emissions de Cu par secteur NFR (t) .....	79
Tableau 20 : Emissions de As par secteur NFR (t) .....	80
Tableau 21 : Emissions de Cr par secteur NFR (t) .....	81
Tableau 22 : Emissions de Zn par secteur NFR (t) .....	83
Tableau 23 : Emissions de Se par secteur NFR (t) .....	83
Tableau 24 : Emissions de PCDD-F en France métropolitaine (g I-Teq) .....	85
Tableau 25 : Emissions de HAP par secteur NFR (t) .....	87
Tableau 26 : Emissions de PCB par secteur NFR (kg) .....	88
Tableau 27 : Emissions de HCB par secteur NFR (kg) .....	89
Tableau 28 : Emissions de TSP par secteur NFR (kt) .....	91
Tableau 29 : Emissions de PM <sub>10</sub> par secteur NFR (kt) .....	92
Tableau 30 : Emissions de PM <sub>2,5</sub> par secteur NFR (kt) .....	93
Tableau 31 : Emissions de BC par secteur NFR (kt) .....	94
Tableau 32 : Correspondance des secteurs bilan de l'énergie français / NFR .....	96
Tableau 33 : Emissions du secteur énergie en France (métropole) en 2022 .....	97
Tableau 34 : Récapitulatif des PCI nationaux .....	116
Tableau 35 : Récapitulatif des FE SO <sub>2</sub> .....	118
Tableau 36 : Récapitulatif des FE NO <sub>x</sub> .....	119
Tableau 37 : Récapitulatif des FE COVNM .....	120
Tableau 38 : Récapitulatif des FE CO .....	121
Tableau 39 : Facteurs d'émission de NH <sub>3</sub> du bois et des CMS .....	121
Tableau 40 : Récapitulatif des FE TSP .....	122
Tableau 41 : Polluants pour lesquels le secteur 1A1a est source clé .....	132
Tableau 42 : Production brute et consommation d'électricité en Métropole .....	133
Tableau 43 : Production du chauffage urbain en Métropole .....	135
Tableau 44 : Polluants pour lesquels le secteur 1A1b est source clé .....	136
Tableau 45 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A1 .....	151
Tableau 46 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2a est source clé en 2022 .....	155



Tableau 47 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2b est source clé en 2022 .....	158
Tableau 48 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2c est source clé en 2022 .....	160
Tableau 49 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2e est source clé en 2022 .....	161
Tableau 50 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2f est source clé en 2022 .....	163
Tableau 51 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2g est source clé en 2022 .....	167
Tableau 52 : Facteurs d'émission pour les NO <sub>x</sub> par gamme et par norme d'engin .....	175
Tableau 53 : Facteurs d'émission pour les COVNM par gamme et par norme d'engin .....	175
Tableau 54 : Facteurs d'émission pour les CO par gamme et par norme d'engin .....	176
Tableau 55 : Facteurs d'émission pour les TSP par gamme et par norme d'engin .....	176
Tableau 56 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A2 .....	225
Tableau 57 : Méthodologie pour le calcul des émissions des sources mobiles (Table IV 1 F4) .....	231
Tableau 58 : Secteurs de l'aviation et de la navigation inclus ou non dans les totaux nationaux dans le format CEE-NU/NEC .....	232
Tableau 59 : Polluants pour lesquels le secteur 1.A.3.b est source clé en 2022 .....	237
Tableau 60 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A3 .....	276
Tableau 61 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4a est source clé .....	280
Tableau 62 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4b est source clé .....	280
Tableau 63 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4c est source clé .....	281
Tableau 64 : Facteurs d'émission pour les NO <sub>x</sub> par gamme et par norme d'engin diesel .....	293
Tableau 65 : Facteurs d'émission pour les NO <sub>x</sub> par gamme et par norme d'engin essence .....	293
Tableau 66 : Facteurs d'émission pour les COVNM par gamme et par norme d'engin diesel .....	294
Tableau 67 : Facteurs d'émission pour les COVNM par gamme et par norme d'engin essence .....	294
Tableau 68 : Facteurs d'émission pour le CO par gamme et par norme d'engin diesel .....	295
Tableau 69 : Facteurs d'émission pour le CO par gamme et par norme d'engin essence .....	295
Tableau 70 : Facteurs d'émission pour les TSP par gamme et par norme d'engin diesel .....	296
Tableau 71 : Facteurs d'émission pour les particules liées à l'abrasion .....	297
Tableau 72 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A4 .....	301
Tableau 73 : Répartition des consommations par phase de l'aviation .....	304
Tableau 74 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A5 .....	307
Tableau 75 : Polluants pour lesquels le secteur 1B1a est source clé .....	308
Tableau 76 : Polluants pour lesquels le secteur 1B1b est source clé .....	308
Tableau 77 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1B1 .....	312
Tableau 78 : Polluants pour lesquels le secteur 1B2a est source clé .....	313
Tableau 79 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1B2 .....	330
Tableau 80: Emissions du secteur Procédés industriels en France (Métropole) en 2022 .....	332
Tableau 81 : Polluants pour lesquels le secteur 2A5 est source clé .....	350
Tableau 82 : Données de production .....	355
Tableau 83 : Distribution des carrières par capacité de production (% de la production totale par type de roche) .....	356
Tableau 84 : Distribution des carrières par capacité de production (% du nombre total de carrières par type de roche) .....	356
Tableau 85 : Distances parcourues en camion par tonne produite (m/tonne) .....	356
Tableau 86 : Taux de route revêtue par catégorie de carrières .....	356
Tableau 87 : Arrosage des routes non revêtues - Utilisation et efficacité .....	357
Tableau 88 : Poids moyen des véhicules de transport .....	357
Tableau 89 : Parts de fines en surface sur les routes .....	357
Tableau 90 : Flux par équipement par type de roche .....	357
Tableau 91 : Nombre d'unités primaires, secondaires et tertiaires par catégorie de carrières .....	358
Tableau 92 : Taux d'utilisation des technologies d'abatement pour les concasseurs .....	358
Tableau 93 : Taux d'utilisation des technologies d'abatement pour les cribles .....	359
Tableau 94 : Données de calcul des émissions liées à l'érosion des stocks .....	359
Tableau 95 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2A .....	362

Tableau 96 : Polluants pour lesquels le secteur 2B10 est source clé .....	363
Tableau 97 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2B.....	381
Tableau 98 : Polluants pour lesquels le secteur 2C est source clé.....	382
Tableau 99 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2C.....	399
Tableau 100 : Polluants pour lesquels le secteur 2D3 est source clé .....	400
Tableau 101 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2D3 .....	412
Tableau 102 : Polluants pour lesquels le secteur 2G est source clé .....	413
Tableau 103 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2G .....	415
Tableau 104 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2H .....	424
Tableau 105 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2I .....	426
Tableau 106 : Émissions du secteur agricole en France (Métropole) en 2022 .....	429
Tableau 107 : Substances pour lesquelles le secteur 3 est source clé.....	429
Tableau 108 : Correspondances entre anciennes et nouvelles régions .....	442
Tableau 109 : Correspondances entre les catégories SAA et les catégories de l'inventaire pour les porcs .....	445
Tableau 110 : Evolution du cheptel porcin détaillée par catégories fines (Métropole uniquement) .....	445
Tableau 111 : Catégories et sous-catégories de l'inventaire .....	446
Tableau 112 : Cheptels bovins, porcins, ovins et caprins au périmètre Métropole sur la période 1990-2022.....	447
Tableau 113 : Cheptels équin, volailles et lapines au périmètre Métropole sur la période 1990-2022 .....	448
Tableau 114 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins (périmètre Métropole) .....	455
Tableau 115 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins (périmètre Métropole) .....	456
Tableau 116 : Répartition des systèmes de gestion des déjections ovins, caprins, équin (périmètre Métropole) .....	456
Tableau 117 : Répartition des systèmes de gestion des déjections volailles et lapines (périmètre Métropole) .....	457
Tableau 118 : Sources de données régionales mobilisées pour l'estimation des quantités d'intrants méthanisés .....	459
Tableau 119. Teneur en azote retenue pour les effluents d'élevage de l'inventaire .....	462
Tableau 120 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins avec méthanisation (périmètre Métropole).....	464
Tableau 121 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins avec méthanisation (périmètre UE) .....	465
Tableau 122 : Principales teneurs en azote des intrants méthanisés.....	466
Tableau 123 : Evolution de la part de différents fourrages dans la ration moyenne des vaches laitières, hors pâture.....	468
Tableau 124 : Récapitulatif des sources de pondération et retraitements effectués pour estimer l'azote excrété des volailles.....	471
Tableau 125 : Récapitulatif des sources utilisées pour le calcul des facteurs d'excrétion azotée ..	476
Tableau 126 : Evolution des Fex en métropole par catégorie animale détaillée .....	477
Tableau 127 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion .....	485
Tableau 128 : Pourcentages recalculés des effectifs porcins élevés en bâtiment avec traitement de l'air par grande région productrice et solde national .....	489
Tableau 129 : Attribution des taux d'application de traitement de l'air sur la période.....	489
Tableau 130 : Résumé des modes d'estimation du nombre de stations de traitement par nitrification-dénitrification sur la période.....	490
Tableau 131 : Résumé des modes d'estimation de l'azote résorbé par nitrification-dénitrification sur la période .....	491

Tableau 132 : Pourcentages des lisiers stockés en fosse couverte pour les bovins, porcins, caprins et ovins en métropole pour 2015 et 2020 .....	492
Tableau 133 : Attribution des taux d'application de la couverture de fosse sur la période .....	492
Tableau 134 : Combinaisons des pratiques tirées des enquêtes Pratiques Culturelles 2011 et 2017 .....	493
Tableau 135 : Attribution des taux d'application des différents modes d'épandage sur la période .....	493
Tableau 136 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion .....	494
Tableau 137 : Tableau récapitulatif des proportions de TAN utilisées par catégorie animale .....	497
Tableau 138 : Facteurs d'émission de N-NH <sub>3</sub> au bâtiment .....	498
Tableau 139 : Facteurs d'émission de N-NH <sub>3</sub> au stockage .....	500
Tableau 140 : Facteurs d'ajustement liés aux pratiques d'épandage .....	503
Tableau 141 : Facteurs d'émission de N-NH <sub>3</sub> à l'épandage .....	504
Tableau 142 : Facteurs d'émission de N-NH <sub>3</sub> à la pâture .....	505
Tableau 143 : Correspondances effluents EMEP et systèmes de gestion .....	505
Tableau 144 : Facteurs d'émission PM utilisés .....	506
Tableau 145 : Incertitude retenue pour l'émission de NH <sub>3</sub> (bâtiment + stockage) ramenée à l'animal .....	507
Tableau 146 : Facteurs d'émission de NH <sub>3</sub> pour les engrais minéraux .....	514
Tableau 147 : Récapitulatif du devenir de l'azote pour estimer les quantités épandues (Périmètre Métropole) .....	515
Tableau 148 : Facteurs d'émission de particules pour les sols agricoles .....	520
Tableau 149 : Teneurs maximales en HCB pour les produits phytosanitaires .....	523
Tableau 150. Équations mobilisées pour le calcul des quantités azotées des résidus de récolte ...	527
Tableau 151 : Évolutions des productions de céréales et oléagineux (kt) - Métropole .....	529
Tableau 152 : Évolutions des productions de protéagineux, tubercules, fourrages et herbe (kt) - Métropole .....	530
Tableau 153 : Synthèse des paramètres retenus pour les résidus de culture .....	532
Tableau 154 : Facteurs d'émissions utilisés selon le type de résidu .....	533
Tableau 155 : Facteurs d'émissions métaux lourds .....	533
Tableau 156 : Emissions du secteur déchets en France (Métropole) en 2022 .....	537
Tableau 157 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5A .....	555
Tableau 158 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5B .....	560
Tableau 159 : Polluants pour lesquels le secteur 5C est source clé .....	561
Tableau 160 : Facteurs d'émission de SO <sub>2</sub> associés à l'incinération de déchets ménagers (g SO <sub>2</sub> /Mg de déchets) .....	564
Tableau 161 : Facteurs d'émission de NO <sub>x</sub> associés à l'incinération de déchets ménagers (g NO <sub>x</sub> /Mg de déchets) .....	564
Tableau 162 : Facteurs d'émission de COVNM associés à l'incinération de déchets ménagers (g COVNM/Mg de déchets) .....	564
Tableau 163 : Facteurs d'émission de CO associés à l'incinération de déchets ménagers (g CO/Mg de déchets) .....	564
Tableau 164 : Facteurs d'émission de NH <sub>3</sub> associés à l'incinération de déchets ménagers (g NH <sub>3</sub> /Mg de déchets) .....	565
Tableau 165 : Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets ménagers (g TSP/Mg de déchets) .....	565
Tableau 166 : Granulométrie des TSP .....	565
Tableau 167 : Facteurs d'émission de métaux lourds associés à l'incinération de déchets ménagers (mg ML/Mg de déchets) .....	566
Tableau 168 : Facteurs d'émission de SO <sub>2</sub> associés à l'incinération de déchets dangereux (g SO <sub>2</sub> /Mg de déchets) .....	567
Tableau 169 : Facteurs d'émission de NO <sub>x</sub> associés à l'incinération de déchets dangereux (g NO <sub>x</sub> /Mg de déchets) .....	567

Tableau 170 : Facteurs d'émission de COVNM associés à l'incinération de déchets dangereux (g COVNM/Mg de déchets) .....	568
Tableau 171 : Facteurs d'émission de CO associés à l'incinération de déchets dangereux (g CO/Mg de déchets) .....	568
Tableau 172 : Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets dangereux (g TSP/Mg de déchets) .....	568
Tableau 173 : Granulométrie des TSP .....	568
Tableau 174 : <i>Facteurs d'émission de métaux lourds associés à l'incinération de déchets dangereux (mg ML/Mg de déchets)</i> .....	569
Tableau 175 : Facteurs d'émission de SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , COVNM et CO associés à l'incinération de déchets de soins (g/Mg de déchets) .....	571
Tableau 176 : <i>Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets de soins (g TSP/Mg de déchets)</i> .....	572
Tableau 177 : Granulométrie des TSP .....	572
Tableau 178 : <i>Facteurs d'émission de métaux lourds associés à l'incinération de déchets de soins (mg ML/Mg de déchets)</i> .....	572
Tableau 179 : <i>Facteurs d'émission de PCDD-F associés à l'incinération de déchets de soins (ng PCDD-F/Mg de déchets)</i> .....	573
Tableau 180 : granulométrie des TSP .....	574
Tableau 181 : Granulométrie des TSP .....	576
Tableau 182 : Granulométrie des TSP .....	578
Tableau 183 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5C .....	580
Tableau 184 : Part de la population pour les principaux types de traitement entre 1990 et 2020 .	582
Tableau 185 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5D .....	584
Tableau 186 : Polluants pour lesquels le secteur 5E est source clé.....	584
Tableau 187 : Granulométrie des TSP .....	589
Tableau 188 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5E .....	590
Tableau 189 : Surfaces incendiées en France depuis 1990, en hectare .....	597
Tableau 190: Stocks par compartiment et type de surface brûlée utilisés pour le calcul des émissions liées aux feux de forêts .....	598
Tableau 191 : Facteurs de combustion par compartiment carbone en fonction des surfaces incendiées .....	598
Tableau 192 : Facteurs d'émissions de HAP utilisés pour les feux de forêt .....	601
Tableau 193 : Emissions du secteur Energie dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024.....	605
Tableau 194 : Emissions du secteur Energie hors transports dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024 .....	606
Tableau 195 : Emissions du secteur Transports dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024.....	607
Tableau 196 : Emissions du secteur Procédés industriels dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024 .....	608
Tableau 197 : Emissions du secteur Agriculture dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024.....	609
Tableau 198 : Emissions du secteur Déchets dans l'air en France (Métropole) - Ecart entre la version de mars 2023 et celle de mars 2024.....	610
Tableau 199 : Suivi des améliorations méthodologiques envisagées sur les inventaires .....	611
Tableau 200 : Suivi des recommandations des revues internationales .....	614
Tableau 201 : Récapitulatif des Protocoles et objectifs associés .....	620
Tableau 202 : Directives européennes visant la pollution de l'air.....	621
Tableau 203 : Anciens objectifs d'émissions de la France .....	629
Tableau 204 : Objectifs en cours ou à venir d'émissions de la France et situation en 2022 .....	630
Tableau 205 : Inventaire COVNM avec prise en compte des ajustements pour l'agriculture .....	631

Tableau 206 : Correspondances entre "capacité" des enquêtes bâtiment et catégorie animale de la SAA .....	681
Tableau 207 : Paramètres utilisés pour la pondération des capacités truies .....	681
Tableau 208 : Correspondances entre les capacités des enquêtes bâtiment et les libellés des pratiques d'élevage .....	682
Tableau 209 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut de l'Elevage - Vaches laitières.....	683
Tableau 210 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut de l'Elevage - Vaches allaitantes et autres bovins.....	684
Tableau 211 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut du Porc .....	685
Tableau 212 : Premiers retraitements des données pratiques d'élevage 2015 par le Citepa pour les bovins .....	687
Tableau 213 : Correspondances entre types de sol des enquêtes bâtiment et retraitements Citepa sur les pratiques d'élevage 2015 (et recensement agricole 2020)- Bovins.....	688
Tableau 214 : Correspondances entre types de sol des enquêtes bâtiment et retraitements Citepa sur les pratiques d'élevage 2015 - Porcins .....	689
Tableau 215 : Traitement des données sur les systèmes de gestion des déjections sur la période .	694
Tableau 216 : Traitement des données sur les temps d'hébergement sur la période.....	695
Tableau 217 : Quantités de paille à apporter par type de logement et par capacité - Bovins.....	695
Tableau 218 : Quantités de paille à apporter par type de logement et par capacité - Porcins.....	697
Tableau 219 : Besoins en paille par catégorie animale - Ovins.....	698
Tableau 220 : Besoins en paille par capacité enquêtes bâtiment - Ovins.....	698
Tableau 221 : Besoins en paille par catégorie animale - Caprins .....	698
Tableau 222 : Besoins en paille par capacité enquêtes bâtiment - Caprins .....	699



## Annexe 1 - Tableaux des catégories clés

---

### *Annex 1 - Key category tables*

Les tableaux qui suivent présentent pour chaque polluant, une analyse des catégories clés par niveau d'émission et par contribution aux évolutions pour l'année 2022.

## ✓ Indicateur Acide équivalent (Aeq)

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Aeq

Classement Catégories			Aeq (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	3D	Agricultural Soils	20	41%	41%
2	3B	Manure Management	12	24%	65%
3	1A3b	Road Transport	6,9	14%	79%
4	1A4b	Residential	1,8	3,6%	83%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>48</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Aeq

Classement Catégories			Aeq (Gg)	Aeq (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1980	2022			
1	1A1a	Public Electricity and Heat Production	46	0,9	0,328	32%	32%
2	1A2g	Other Combustion in manufacturing industries	26	0,7	0,182	18%	50%
3	1A3b	Road Transport	25	6,9	0,134	13%	63%
4	1A1b	Petroleum refining	7,8	0,2	0,056	5,5%	69%
5	1A4b	Residential	9,0	1,8	0,053	5,2%	74%
6	3B	Manure Management	17	12	0,037	3,6%	77%
7	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	5,4	1,3	0,030	3,0%	80%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>186</b>	<b>48</b>	<b>1,021</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)



✓ NO<sub>x</sub>

**EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS**

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_NOx

Classement Catégories			NOx (Gg)	Contribution	Cumul
			2022	(%) 2022	(%) 2022
NFR					
1	1A3b	Road Transport	304	44%	44%
2	3D	Agricultural Soils	128	18%	62%
3	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	43	6,1%	68%
4	1A4b	Residential	41	5,8%	74%
5	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	31	4,5%	78%
6	1A1a	Public Electricity and Heat Production	24	3,4%	82%
---	---		---	---	---
<b>Total</b>			<b>698</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS**

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_NOx

Classement Catégories			NOx (Gg)	NOx (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution	cumul (%)
			1980	2022		à l'évolution (%)	
NFR							
1	1A3b	Road Transport	972	304	0,445	42%	42%
2	1A1a	Public Electricity and Heat Production	302	24	0,186	18%	60%
3	1A2g	Other Combustion in manufacturing industries	171	21	0,100	10%	70%
4	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	162	43	0,080	7,6%	77%
5	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	118	31	0,058	5,5%	83%
---	---		---	---	---	---	---
<b>Total</b>			<b>2 197</b>	<b>698</b>	<b>1,049</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ CO

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_CO

Classement Catégories			CO (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A4b	Residential	1 157	47%	47%
2	2C	Metal Production	341	14%	61%
3	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	237	10%	71%
4	1A3b	Road Transport	231	9,5%	81%
---	---	---	---	---	---
<b>Total</b>			<b>2 437</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_CO

Classement Catégories			CO (Gg)	CO (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1980	2022		(%)	
1	1A3b	Road Transport	7 707	231	0,685	68%	68%
2	1A4b	Residential	2 240	1 157	0,099	10%	77%
3	2C	Metal Production	1 410	341	0,098	10%	87%
---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Total</b>			<b>13 346</b>	<b>2 437</b>	<b>1,014</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ COVNM

**EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS**

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_COVNM

Classement Catégories			COVNM (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	3B	Manure Management	211	20%	20%
2	3D	Agricultural Soils	206	19%	39%
3	2D3a	Domestic solvent use including fungicides	181	17%	56%
4	1A4b	Residential	151	14%	70%
5	2D3d	Coating application	76	7,2%	77%
6	2H2	Food and beverages industry	35	3,3%	81%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>1 065</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS**

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_COVNM

Classement Catégories			COVNM (Gg)	COVNM (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1988	2022			
1	1A3b	Road Transport	968	35	0,495	44%	44%
2	1A4b	Residential	480	151	0,175	16%	60%
3	2D3d	Coating application	259	76	0,097	8,6%	68%
4	1B2a	Fugitive emission from liquid Fuels (Oil)	191	15	0,094	8,3%	77%
5	2D3e	Degreasing	67	3,7	0,034	3,0%	80%
6	2D3a	Domestic solvent use including fungicides	118	181	0,033	3,0%	83%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>2 950</b>	<b>1 065</b>	<b>1,123</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ SO<sub>x</sub>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_SOx

Classement Catégories		SO <sub>x</sub> (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR		2022	2022	2022
1	1A2f Stationary Combustion: Non-metallic minerals	17	19%	19%
2	1A2a Stationary Combustion: Iron and Steel	13	15%	34%
3	1A1a Public Electricity and Heat Production	9,2	10%	44%
4	1A4b Residential	8,6	10%	54%
5	2C Metal Production	5,6	6,4%	60%
6	1B2a Fugitive emission from liquid Fuels (Oil)	5,1	5,8%	66%
7	1A2e Stationary Combustion: Food Processing, etc.	4,5	5,1%	71%
8	1A2g Other Combustion in manufacturing industries	3,9	4,4%	76%
9	1A2c Stationary Combustion: Chemicals	3,6	4,1%	80%
10	1A4a Commercial / Institutional	2,6	3,0%	83%
...	...	...	...	...
<b>Total</b>		<b>89</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_SOx

Classement Catégories		SO <sub>x</sub> (Gg)	SO <sub>x</sub> (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR		1980	2022			
1	1A1a Public Electricity and Heat Production	1 259	9,2	0,404	40%	40%
2	1A2g Other Combustion in manufacturing industries	701	3,9	0,225	22%	63%
3	1A1b Petroleum refining	229	2,5	0,073	7,3%	70%
4	1A4b Residential	195	8,6	0,060	6,0%	76%
5	1A3b Road Transport	134	0,8	0,043	4,3%	80%
...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>		<b>3 185</b>	<b>89</b>	<b>1,005</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ NH<sub>3</sub>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_NH3

Classement Catégories			NH <sub>3</sub> (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	3D	Agricultural Soils	292	56%	56%
2	3B	Manure Management	194	37%	94%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>518</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_NH3

Classement Catégories			NH <sub>3</sub> (Gg)	NH <sub>3</sub> (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1980	2022			
1	3B	Manure Management	278	194	0,629	51%	51%
2	3D	Agricultural Soils	340	292	0,360	29%	81%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>652</b>	<b>518</b>	<b>1,224</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

## ✓ TSP

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_TSP

Classement Catégories			TSP (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	3D	Agricultural Soils	403	51%	51%
2	2A5	Quarrying and mining / Construction...	162	20%	71%
3	1A4b	Residential	105	13%	84%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>797</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_TSP

Classement Catégories			TSP (Gg)	TSP (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A4b	Residential	267	105	0,360	35%	35%
2	2A5	Quarrying and mining / Construction...	243	162	0,179	17%	53%
3	1A3b	Road Transport	78	31	0,104	10%	63%
4	1B1a	Coal Mining and Handling	39	0,1	0,087	8,5%	71%
5	2C	Metal Production	28	2,3	0,057	5,6%	77%
6	3D	Agricultural Soils	421	403	0,040	3,9%	81%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>1 248</b>	<b>797</b>	<b>1,025</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ PM<sub>10</sub>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_PM10

Classement Catégories			PM10 (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A4b	Residential	100	39%	39%
2	2A5	Quarrying and mining / Construction...	33	13%	52%
3	3D	Agricultural Soils	25	10%	62%
4	1A3b	Road Transport	22	8,8%	71%
5	3B	Manure Management	20	8,1%	79%
6	2B10	Other chemical Industry	10	3,9%	83%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>253</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_PM10

Classement Catégories			PM10 (Gg)	PM10 (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022		(%)	
1	1A4b	Residential	254	100	0,460	43%	43%
2	1A3b	Road Transport	72	22	0,147	14%	57%
3	1B1a	Coal Mining and Handling	39	0,0	0,116	11%	68%
4	2C	Metal Production	20	2,2	0,054	5,1%	73%
5	2A5	Quarrying and mining / Construction...	49	33	0,048	4,5%	77%
6	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	20	4,0	0,047	4,4%	82%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>589</b>	<b>253</b>	<b>1,069</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ PM<sub>2,5</sub>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_PM2\_5

Classement Catégories			PM 2.5 (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A4b	Residential	98	57%	57%
2	1A3b	Road Transport	15	8,9%	66%
3	2A5	Quarrying and mining / Construction...	9,7	5,7%	72%
4	5E	Other waste	8,1	4,7%	77%
5	2B10	Other chemical Industry	7,4	4,3%	81%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>170</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_PM2\_5

Classement Catégories			PM 2.5 (Gg)	PM 2.5 (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A4b	Residential	249	98	0,508	49%	49%
2	1A3b	Road Transport	67	15	0,174	17%	65%
3	1B1a	Coal Mining and Handling	33	0,004	0,109	10%	76%
4	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	18	3,2	0,051	4,9%	80%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>468</b>	<b>170</b>	<b>1,047</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)



✓ BC

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_BC

Classement Catégories			BC (Gg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A4b	Residential	15	54%	54%
2	1A3b	Road Transport	6,0	22%	76%
3	5C	Waste Incineration	2,2	8,1%	84%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>27</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_BC

Classement Catégories			BC (Gg)	BC (Gg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A3b	Road Transport	31	6,0	0,454	45%	45%
2	1A4b	Residential	25	15	0,188	19%	64%
3	1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	10	1,3	0,160	16%	80%
4	1B1a	Coal Mining and Handling	3,3	0,0004	0,059	5,9%	85%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>82</b>	<b>27</b>	<b>1,008</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ Pb

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Pb

Classement Catégories			Pb (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A3b	Road Transport	34	38%	38%
2	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	18	20%	58%
3	1A4b	Residential	13	14%	72%
4	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	4,7	5,3%	77%
5	1A3a	Civil Aviation	3,8	4,3%	82%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>89</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Pb

Classement Catégories			Pb (Mg)	Pb (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A3b	Road Transport	3 885	34	0,917	92%	92%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>4 288</b>	<b>89</b>	<b>1,001</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ Cd

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Cd

Classement Catégories			Cd (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	2G	Other product use	0,4	16%	16%
2	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	0,3	12%	28%
3	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	0,3	12%	40%
4	2C	Metal Production	0,3	11%	51%
5	1A4b	Residential	0,2	7,6%	58%
6	1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	0,2	6,1%	64%
7	1A3b	Road Transport	0,2	5,7%	70%
8	3F	Field Burning of Agricultural Wastes	0,2	5,7%	76%
9	5C	Waste Incineration	0,1	5,5%	81%
...	...		...	...	...
<b>Total</b>			<b>2,6</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Cd

Classement Catégories			Cd (Mg)	Cd (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	5C	Waste Incineration	4,4	0,1	0,240	23%	23%
2	2C	Metal Production	4,3	0,3	0,228	22%	46%
3	1A1a	Public Electricity and Heat Production	4,1	0,1	0,221	22%	67%
4	1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	2,5	0,2	0,134	13%	80%
...	...		...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>20</b>	<b>2,6</b>	<b>1,026</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ Hg

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Hg

Classement Catégories			Hg (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	0,5	19%	19%
2	1A1a	Public Electricity and Heat Production	0,5	19%	38%
3	1A3b	Road Transport	0,2	10%	48%
4	5C	Waste Incineration	0,2	9,1%	57%
5	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	0,2	6,8%	63%
6	2C	Metal Production	0,1	5,4%	69%
7	1A4b	Residential	0,1	5,2%	74%
8	2D3a	Domestic solvent use including fungicides	0,1	5,1%	79%
9	1A2c	Stationary Combustion: Chemicals	0,1	5,0%	84%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>2,5</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Hg

Classement Catégories			Hg (Mg)	Hg (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	Cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A1a	Public Electricity and Heat Production	7,9	0,5	0,324	32%	32%
2	5C	Waste Incineration	5,1	0,2	0,212	21%	54%
3	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	3,3	0,5	0,122	12%	66%
4	2B10	Other chemical Industry	2,8	0,05	0,121	12%	78%
5	1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	2,1	0,05	0,090	9,0%	87%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>26</b>	<b>2,5</b>	<b>1,000</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ As

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_As

Classement Catégories			As (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A3b	Road Transport	1,7	31%	31%
2	1A4b	Residential	1,4	25%	55%
3	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	0,5	9,3%	65%
4	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	0,4	7,7%	72%
5	1A1a	Public Electricity and Heat Production	0,4	7,3%	80%
6	1A2g	Other Combustion in manufacturing industries	0,3	6,2%	86%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>5,5</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_As

Classement Catégories			As (Mg)	As (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	4,0	0,5	0,298	26%	26%
2	2C	Metal Production	2,2	0,1	0,175	16%	42%
3	1A4b	Residential	3,3	1,4	0,163	14%	56%
4	1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	1,8	0,0	0,150	13%	70%
5	1A1a	Public Electricity and Heat Production	1,8	0,4	0,116	10%	80%
6	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	1,1	0,4	0,056	4,9%	85%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>17</b>	<b>5,5</b>	<b>1,128</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ Cr

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Cr

Classement Catégories			Cr (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A3b	Road Transport	13	40%	40%
2	1A4b	Residential	6,7	21%	61%
3	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	2,0	6,3%	67%
4	2G	Other product use	1,7	5,5%	73%
5	1A2g	Other Combustion in manufacturing industries	1,7	5,4%	78%
6	2C	Metal Production	1,6	5,2%	83%
...	...		...	...	...
<b>Total</b>			<b>32</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Cr

Classement Catégories			Cr (Mg)	Cr (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	2C	Metal Production	350	1,6	0,949	91%	91%
...	...		...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>399</b>	<b>32</b>	<b>1,041</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

## ✓ Cu

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Cu

Classement Catégories			Cu (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A3b	Road Transport	167	54%	54%
2	2G	Other product use	70	23%	76%
3	1A3c	Railways	59	19%	95%
...	...		...	...	...
<b>Total</b>			<b>311</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Cu

Classement Catégories			Cu (Mg)	Cu (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A3b	Road Transport	96	167	1,302	45%	45%
2	2G	Other product use	43	70	0,506	18%	63%
3	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	16	1,6	0,262	9,1%	72%
4	2C	Metal Production	12	1,3	0,193	6,7%	79%
5	1A1a	Public Electricity and Heat Production	8,7	1,5	0,133	4,6%	83%
...	...		...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>256</b>	<b>311</b>	<b>2,882</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ Ni

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Ni

Classement Catégories		Ni (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR		2022	2022	2022
1	1A2f Stationary Combustion: Non-metallic minerals	4,0	18%	18%
2	2G Other product use	3,1	14%	32%
3	1A3b Road Transport	2,3	10%	43%
4	1A1a Public Electricity and Heat Production	1,9	8,8%	52%
5	1A4b Residential	1,6	7,3%	59%
6	1A1b Petroleum refining	1,2	5,7%	65%
7	2C Metal Production	1,2	5,6%	70%
8	1A2a Stationary Combustion: Iron and Steel	1,2	5,4%	76%
9	1A2b Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	1,1	5,3%	81%
...	...	...	...	...
<b>Total</b>		<b>22</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Ni

Classement Catégories		Ni (Mg)	Ni (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR		1990	2022			
1	2C Metal Production	56	1,2	0,208	21%	21%
2	1A1b Petroleum refining	52	1,2	0,193	19%	40%
3	1A1a Public Electricity and Heat Production	42	1,9	0,151	15%	54%
4	1A2c Stationary Combustion: Chemicals	25	1,1	0,091	8,9%	63%
5	1A2e Stationary Combustion: Food Processing, etc.	23	0,2	0,088	8,7%	72%
6	1A4a Commercial / Institutional	21	0,1	0,081	8,0%	80%
...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>		<b>286</b>	<b>22</b>	<b>1,014</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)



✓ Se

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Se

Classement Catégories			Se (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	5,7	63%	63%
2	1A4b	Residential	1,0	11%	74%
3	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	0,5	5,0%	79%
4	2G	Other product use	0,4	4,4%	84%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>9,0</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Se

Classement Catégories			Se (Mg)	Se (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A4b	Residential	2,4	1,0	0,364	30%	30%
2	1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic minerals	6,5	5,7	0,200	16%	46%
3	1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	1,0	0,5	0,146	12%	58%
4	1A1a	Public Electricity and Heat Production	0,6	0,3	0,096	7,9%	66%
5	1A1b	Petroleum refining	0,4	0,1	0,088	7,2%	74%
6	2G	Other product use	0,2	0,4	0,042	3,5%	77%
7	1A2g	Other Combustion in manufacturing industries	0,2	0,4	0,037	3,1%	80%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>13</b>	<b>9,0</b>	<b>1,215</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

✓ Zn

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Zn

Classement Catégories			Zn (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A3b	Road Transport	167	44%	44%
2	1A4b	Residential	41	11%	55%
3	2G	Other product use	41	11%	66%
4	5E	Other waste	31	8,2%	74%
5	2C	Metal Production	17	4,6%	79%
6	1A1a	Public Electricity and Heat Production	15	4,0%	83%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>378</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_Zn

Classement Catégories			Zn (Mg)	Zn (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	2C	Metal Production	1 325	17	0,764	70%	70%
2	1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	246	7,8	0,139	13%	82%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>2 089</b>	<b>378</b>	<b>1,096</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

## ✓ PCB

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_PCB

Classement Catégories		PCB (Kg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR		2022	2022	2022
1	2C Metal Production	10	30%	30%
2	1A4b Residential	8,8	26%	56%
3	1A1a Public Electricity and Heat Production	3,5	10%	66%
4	1A2f Stationary Combustion: Non-metallic minerals	2,5	7,4%	74%
5	1A2a Stationary Combustion: Iron and Steel	2,3	6,9%	81%
...	...	...	...	...
<b>Total</b>		<b>34</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_PCB

Classement Catégories		PCB (Kg)	PCB (Kg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR		1990	2022			
1	5C Waste Incineration	100	1,8	0,680	68%	68%
2	1A1a Public Electricity and Heat Production	27	3,5	0,166	17%	84%
...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>		<b>178</b>	<b>34</b>	<b>1,004</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

## ✓ PCDD-F

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_PCDD-F

Classement Catégories		PCDD-F (g I-Teq)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR		2022	2022	2022
1	5C Waste Incineration	57	47%	47%
2	1A4b Residential	25	21%	67%
3	1A3b Road Transport	10	8,2%	75%
4	1B1b Solid fuel transformation	7,2	5,9%	81%
...	...	...	...	...
<b>Total</b>		<b>123</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_PCDD-F

Classement Catégories		PCDD-F (g I-Teq)	PCDD-F (g I-Teq)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR		1990	2022			
1	1A1a Public Electricity and Heat Production	834	3,5	0,495	49%	49%
2	5C Waste Incineration	503	57	0,265	26%	76%
3	1A2a Stationary Combustion: Iron and Steel	338	4,2	0,199	20%	96%
...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>		<b>1 802</b>	<b>123</b>	<b>1,003</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

## ✓ HAP

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_HAP

Classement Catégories			HAP (Mg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A4b	Residential	27	79%	79%
2	1A3b	Road Transport	2,1	6,3%	86%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>34</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_HAP

Classement Catégories			HAP (Mg)	HAP (Mg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A4b	Residential	34	27	0,627	58%	58%
2	1B1b	Solid fuel transformation	2,6	0,9	0,137	13%	71%
3	3F	Field Burning of Agricultural Wastes	2,0	0,5	0,122	11%	82%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>46</b>	<b>34</b>	<b>1,073</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

## ✓ HCB

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES NIVEAUX D'EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_HCB

Classement Catégories			HCB (Kg)	Contribution (%)	Cumul (%)
NFR			2022	2022	2022
1	1A1a	Public Electricity and Heat Production	3,0	38%	38%
2	5C	Waste Incineration	2,2	27%	65%
3	2C	Metal Production	1,2	15%	80%
...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>8,0</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## EVALUATION DES CATEGORIES CLES - ANALYSE DES EVOLUTIONS DES EMISSIONS

Source : Citepa / Format CEE-NU - mars 2024

S\_cles\_NFR.xlsx/s\_cle\_HCB

Classement Catégories			HCB (Kg)	HCB (Kg)	Evaluation de l'évolution (*)	Contribution à l'évolution (%)	Cumul (%)
NFR			1990	2022			
1	1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metz	1 126	0,00002	0,947	95%	95%
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Total</b>			<b>1 197</b>	<b>8,0</b>	<b>1,001</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

(\*) Analyse de l'évolution selon le guidebook EMEP/EEA 2023 (Key category analysis and methodological choice, équation 2 page 19)

## Annexe 2 - Description méthodologique détaillée pour les sources d'émission

### *Annex 2 - Detailed methodology used to calculate emission sources*

De manière générale tous les descriptifs méthodologiques détaillés sont dans les chapitres sectoriels de l'IIR. Les détails de toutes les données associées (activités, paramètres, facteurs d'émission) sont fournis dans l'annexe numérique BDD OMINEA.

Cependant des compléments sur certaines méthodologies sont présents dans cette annexe.

#### Annexe 2.1. Energie (Secteur NFR 1) : Combustion du bois dans les équipements de chauffage domestique au bois

*Date mise à jour : 22/02/2023*

La méthodologie d'estimation des émissions associées à la combustion du bois dans les équipements de chauffage domestique a été profondément revue dans l'édition 2023 des inventaires nationaux. Cette mise à jour a été permise grâce :

- à une meilleure connaissance de l'évolution dans le temps des performances des appareils utilisés dans le secteur domestique ;
- à la prise en compte des particules condensables dans les facteurs d'émission désormais utilisés, prise en compte recommandée par la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CLRTAP) de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies (CEENU) et la Commission européenne.

Les particules dites **condensables** sont des particules émises sous forme gazeuse dans les fumées mais qui condensent rapidement sous l'effet du refroidissement et de la dilution des fumées. Les méthodes de quantification des émissions les plus couramment utilisées dans la plupart des pays, ne comptabilisent en effet le plus souvent que la fraction solide de la totalité des particules émises, comme c'est notamment le cas des mesures de concentrations à l'aide d'un filtre chauffé.

La dernière édition des lignes directrices européennes (EMEP/EEA 2019) propose des facteurs d'émission dont il est bien précisé que les condensables sont inclus. En prenant en compte les condensables, le Citepa suit d'ailleurs une [recommandation de revue](#) par ses pairs de l'inventaire français menée en 2022 sous l'égide de la CLRTAP.

#### **Particules condensables :**

Des travaux ont été menés par l'Ineris et le Citepa pour évaluer à partir de facteurs d'émissions nationaux, l'impact de la prise en compte ou non des condensables pour le secteur de la combustion du bois domestique et son impact dans les inventaires nationaux. Ces travaux ont abouti à l'utilisation de facteurs d'émission pour les particules plus adaptés au contexte des appareils français et plus récents et couvrant bien les condensables. Ils s'appuient sur de nombreuses campagnes de mesures en conditions réelles d'utilisation menées par l'Ineris depuis 2001 (Ineris 2001<sup>14</sup>, AFAC 2015, IDENTECH

<sup>14</sup> Ineris : DRC-02-25420-AIRE-n° 271-SCo

2016, ERFI 2016) et notamment sur une étude d'ampleur menée sur le renouvellement d'appareils domestiques au bois dans la vallée de l'Arve (CARVE 2019).

Dans les précédentes éditions des inventaires nationaux, les différentes catégories d'appareils modélisés dans le parc national s'appuyaient sur les facteurs d'émission suivants issus notamment d'une étude du Citepa de 2003<sup>15</sup>, synthèse bibliographique de nombreuses campagnes de mesures en conditions réelles d'utilisation, à la fois françaises et internationales :

Anciens facteurs d'émission - Bois domestique (SNAP 020202)						
Poussières totales (TSP)	Appareils à bûches					Appareil à granulés
	Chaudières	Poêles	Cuisinières	Inserts	Foyers ouverts	
	g/GJ					
Appareil ancien	250	700	700	700	750	
Appareil récent	100	260	260	260		
Appareil performant	50	140	140	140		62

Les facteurs d'émission utilisés par le Citepa dans les précédentes éditions des inventaires nationaux semblaient être largement sous-estimés pour les appareils dits « récents » ou « performants », un peu moins pour les appareils dits « anciens ».

Désormais, les facteurs d'émission de particules solides et condensables sont issus des études de l'Ineris à l'exception des poêles et inserts anciens pour lesquels un facteur d'émission issu des lignes directrices européennes les plus récentes est utilisé (cela permet d'éviter un écart important aux lignes directrices sur ce type d'appareils).

Le Citepa n'a pas retenu à la lettre, les FE proposés par l'Ineris pour les appareils les plus anciens (La note complète co-rédigée par l'Ineris et le Citepa est désormais en accès public et est accessible en suivant [le lien suivant](#)).

<sup>15</sup> Citepa - « Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France », Nadine Allemand, 2003



Facteurs d'émissions de particules incluant les condensables						
Bois domestique (SNAP 020202)						
Poussières totales (TSP)	Appareils à bûches					Appareil à granulés
	Chaudières	Poêles	Cuisinières	Inserts	Foyers ouverts	
	g/GJ					
Appareil ancien	500	800	800	800	932	
Appareil récent	300	417	417	417		
Appareil performant	100	282	282	282		62

Aucun facteur d'émission n'étant disponible dans les lignes directrices européennes pour des chaudières aux performances intermédiaires, le facteur d'émission TSP des chaudières dites « récentes » a été défini à partir de la moyenne des deux autres types de chaudières.

Les hypothèses de granulométrie sont restées inchangées, à savoir 95 % de PM<sub>10</sub> au sein des TSP et 93 % de PM<sub>2,5</sub> au sein des TSP.

Les évolutions inter-édition de chaque facteur d'émission sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Comparatif des facteurs d'émissions de particules incluant les condensables par rapport à l'ancienne méthodologie						
Poussières totales (TSP)	Appareils à bûches					Appareil à granulés
	Chaudières	Poêles	Cuisinières	Inserts	Foyers ouverts	
	%					
Appareil ancien	+100%	+14%	+14%	+14%	+24%	
Appareil récent	+200%	+60%	+60%	+60%		
Appareil performant	+100%	+101%	+101%	+101%		identique

#### Catégorisations des appareils :

En lien avec le travail de l'Ineris et du Citepa de réévaluation des facteurs d'émissions de particules notamment condensables, les catégories actuellement utilisées dans les inventaires nationaux ont été revues pour être basées sur les catégorisations des labels développés en France pour les appareils de combustion au bois ({Flamme verte 4\* et 5\*} et {Flamme verte 7\*}).

Les éditions précédentes des inventaires nationaux réalisés par le Citepa s'appuyaient sur les catégories suivantes :

- appareils dits « ancien » ;
- appareils dits « récent » (postérieure à 1996) ;
- appareils dits « performants » (postérieure à 2001).

Ces catégories n'avaient pas été révisées depuis de nombreuses éditions des inventaires nationaux et ne représentaient plus de façon pertinente, les évolutions réelles des différentes technologies d'appareils de chauffage au bois (arrivée d'air secondaire, système de post-combustion, isolation des chambres de combustion...).

Indépendamment de ces catégories de performance, le Citepa s'appuie sur les exploitations de l'enquête Logement de l'INSEE (disponibles pour les années 1998, 1992, 1996, 2006 et 2013), qui fournit le nombre total des divers appareils dans le parc national pour une année précise, et sur les ventes annuelles d'appareils recensées par Observ'Er, qui couvrent les années 1990, 1996, 1999, 2001 et toutes les années depuis 2003.

D'après l'expertise de l'Ineris et d'après l'historique de l'évolution technologique des appareils de combustion résidentiels au bois du parc français depuis 1990 à nos jours, il est possible d'identifier les catégories suivantes :

- Les appareils avant 2005 pouvant être considérés comme « conventionnels/anciens ». Il y a en effet eu très peu d'évolution technologique en France pour ces appareils de combustion domestique avant cette année-là.
- A partir de 2005, la technologie des appareils commence à évoluer de façon notable. Entre 2005 et 2010, l'arrivée sur le marché français d'appareils plus performants, équipés d'une introduction d'air secondaire dans la chambre de combustion (type Flamme verte 5\* (FV)) correspondant à un saut technologique qui permet de réduire les émissions de particules lors de certaines phases de combustion.
- A partir de 2015, la vente des appareils FV4\* et des appareils plus anciens est interdite, et tous les appareils vendus (ou la quasi-totalité d'entre eux) sont alors équipés d'un système de post-combustion (air secondaire - appareils performants).
- Entre 2015 et 2021, évolution constante des appareils (préchauffage de l'air secondaire, meilleure répartition des entrées d'air, meilleure étanchéité de la chambre notamment), sans changement technologique majeur (FV 7\* : amélioration des appareils performants FV5\*).

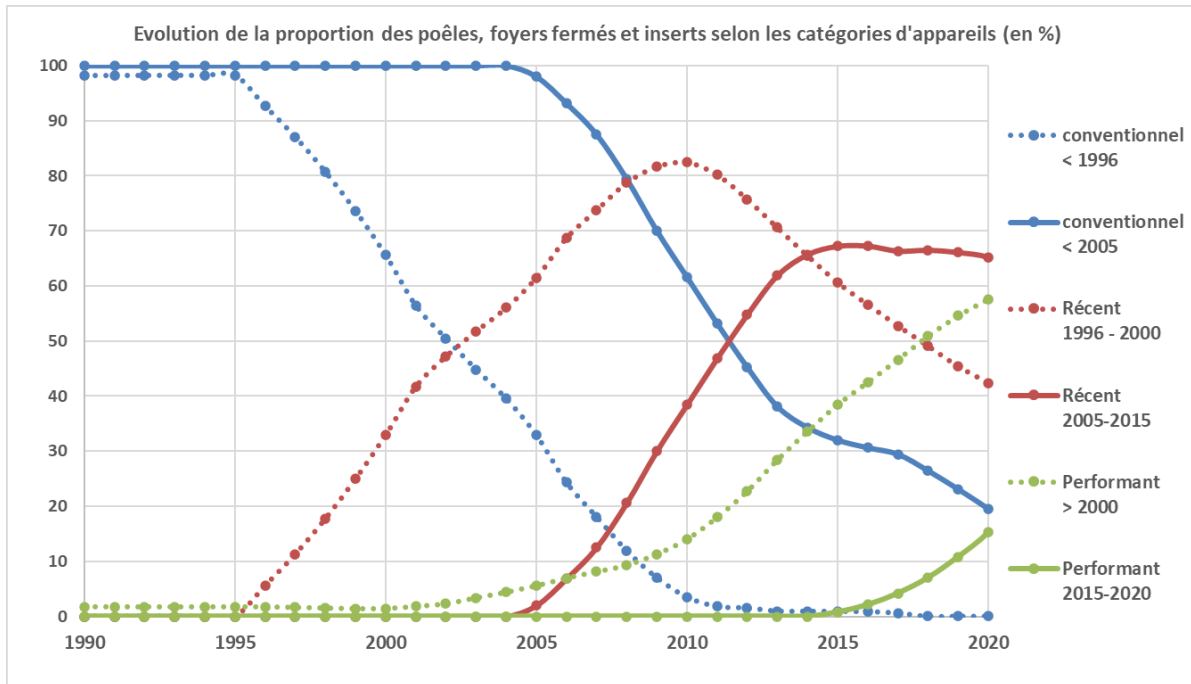
La prise en compte de ces évolutions technologiques permet de formuler les hypothèses suivantes pour la révision de la catégorisation des appareils pour l'inventaire national :

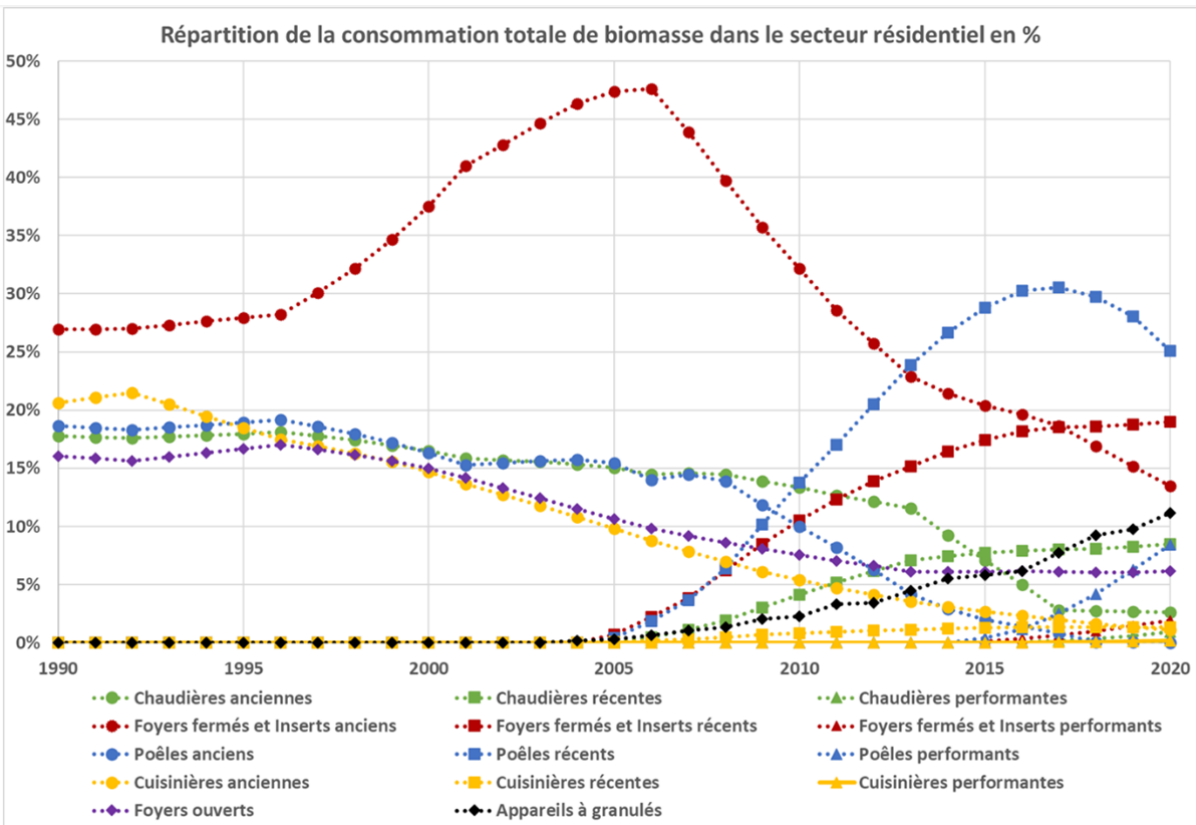
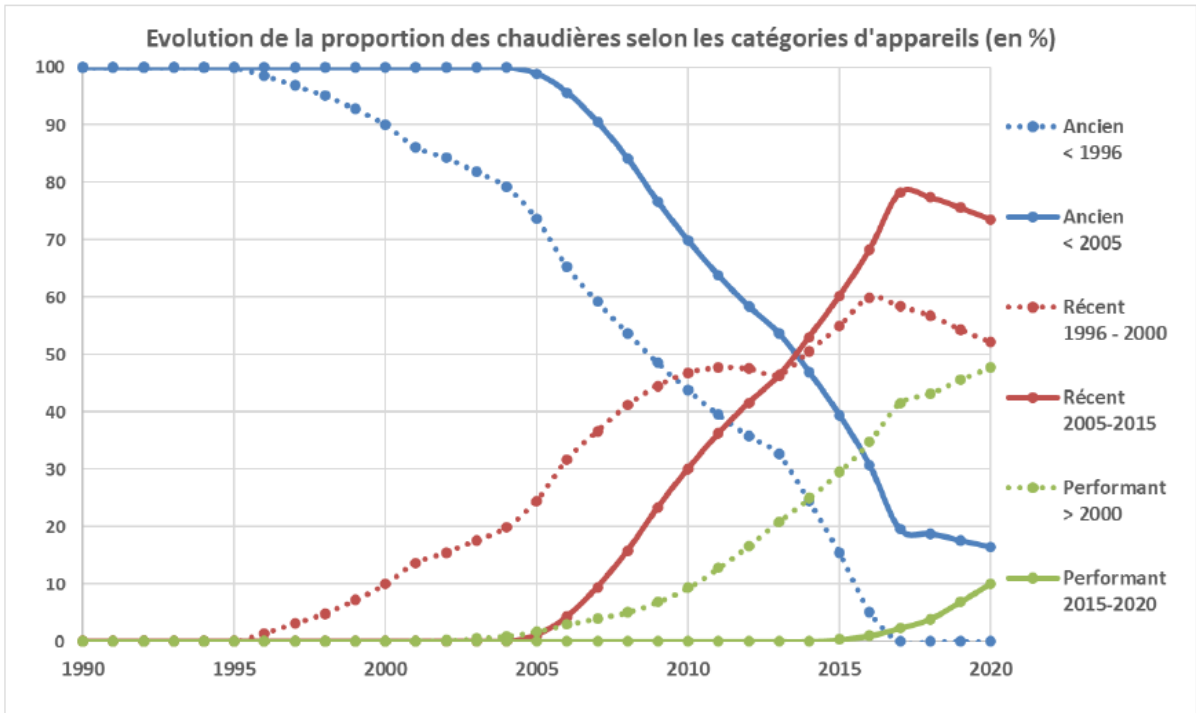
- Les appareils dits « récents » dans les inventaires nationaux, désormais assimilés aux FV 4\* et 5\*, apparaissent donc à partir de 2005 dans les ventes annuelles. Leur taux de pénétration annuel augmente linéairement entre 2005 (20 % des ventes) et 2010 (100 % des ventes). Dans le même temps, les taux de pénétration dans les ventes annuelles des appareils dits « anciens » diminuent linéairement en proportion inverse pour atteindre 0 % en 2010. Ces taux pourront d'ailleurs être affinés par la suite, si des données complémentaires le permettent. Des données existent bien concernant les ventes d'équipements FV 4\* ou 5\*, mais ces proportions sur les labels ne signifient pas pour autant que les autres appareils vendus ne sont pas tout aussi performants (des appareils importés ou non labellisés en France peuvent être tout aussi performants).
- Les appareils dits « performants » dans les inventaires nationaux, désormais assimilés aux FV 7\*, apparaissent à partir de 2015 dans les ventes annuelles. Leur taux de pénétration annuel augmente linéairement entre 2015 (14 % des ventes) jusqu'en 2021 (100 % des ventes). Dans

le même temps, les taux de pénétration dans les ventes annuelles des appareils dits « récents » diminuent linéairement en proportion inverse pour atteindre 0 % en 2021. Ces taux pourront être affinés par la suite si des données le permettent, comme explicité plus haut.

- Pour les chaudières et les cuisinières, on suppose que les années charnières et que les taux de pénétration dans les ventes annuelles sont les mêmes que pour les poêles/inserts.

En considérant ces hypothèses de taux de pénétration de chaque catégorie d'appareil, on obtient les évolutions de la proportion des catégories par type d'appareils illustrées dans les figures ci-dessous. Elle a été comparée à celle existante de la précédente version des inventaires nationaux d'émissions.



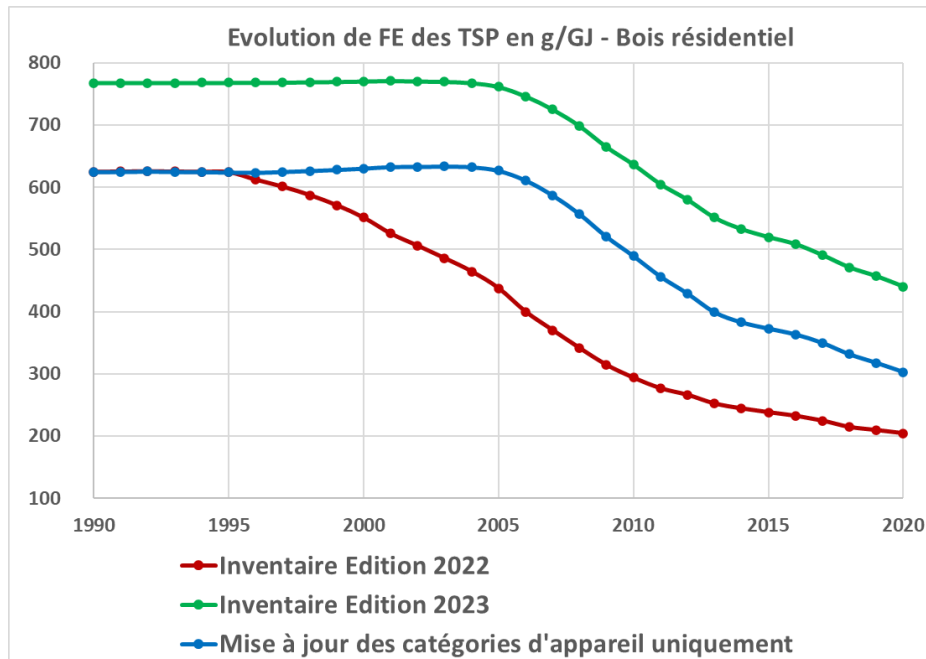


L'étude de l'ADEME « Chauffage au bois domestique - Marchés et approvisionnement » portant sur l'année 2017 semble confirmer le décalage temporel de cette évolution méthodologique en plaçant autour de 17% la part des poêles à bûche antérieurs à 2004 pour cette année. Des investigations complémentaires devront tout de même être menées pour éventuellement atténuer le remplacement des poêles dits « anciens » en lien avec les observations effectuées.

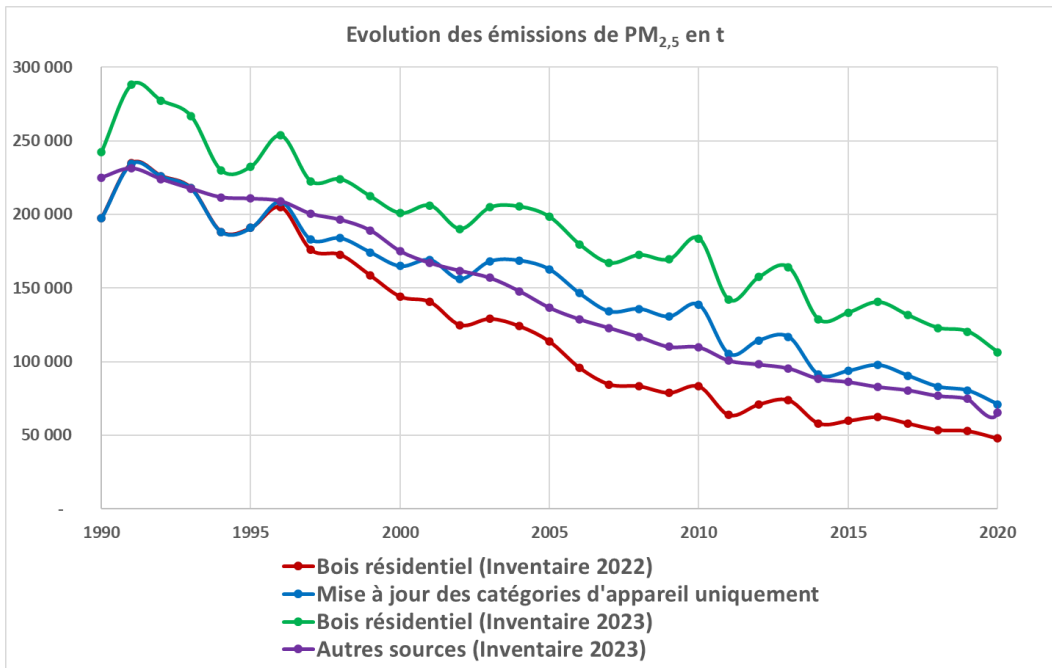
### Présentation des impacts :

Ces nouvelles catégorisations des appareils retardent d'une dizaine d'années l'arrivée des catégories plus performantes et moins émissives et sont donc responsables d'une partie importante de la hausse des émissions de particules présentées plus loin. Les graphiques ci-dessous présentent également, pour information, l'impact du changement de catégorisation des appareils seul, sans prise en compte des condensables.

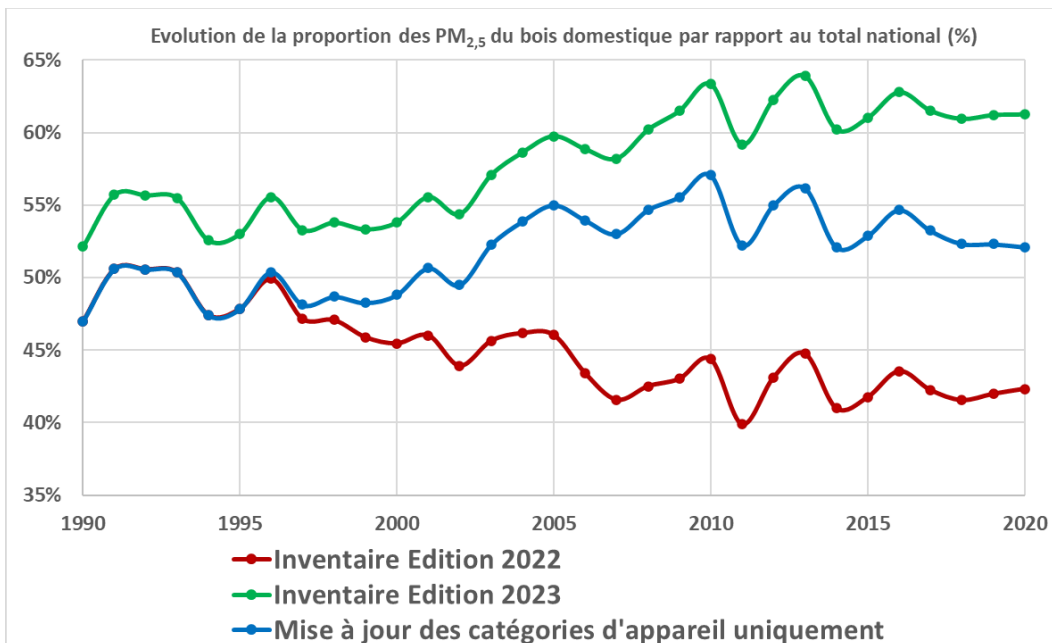
Le facteur d'émission moyen de particules totales (TSP) incluant les condensables, représentatif du parc national d'appareils domestiques fonctionnant au bois, présente donc un niveau plus élevé en 1990. Il est d'environ 768 g/GJ alors que dans la précédente édition de l'inventaire, il était de 625 g/GJ. Il amorce une baisse sensible seulement à partir de l'année 2005 (contre 1996 auparavant).



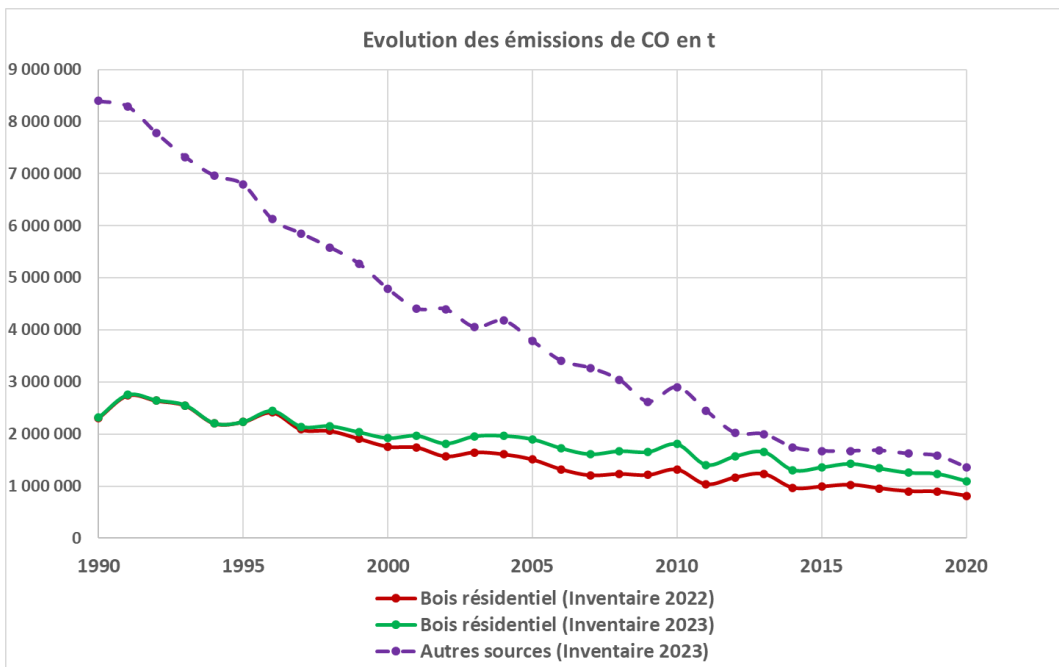
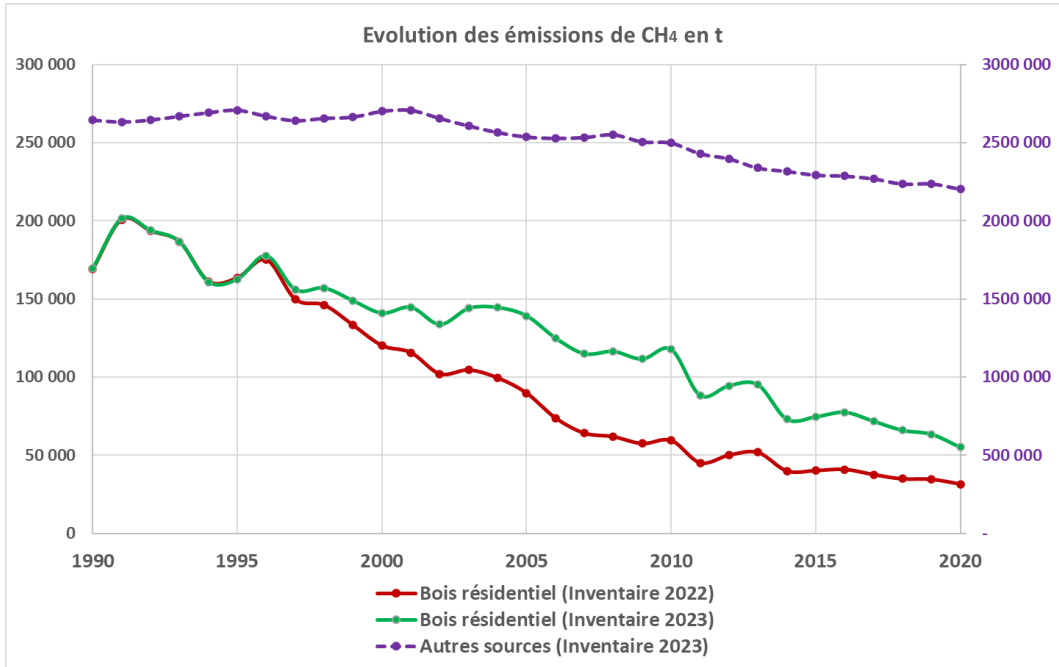
Ces changements méthodologiques ont entraîné une forte hausse du niveau d'émissions totales de particules, plus particulièrement dans les années les plus récentes. Ils sont illustrés sur la figure ci-dessous :

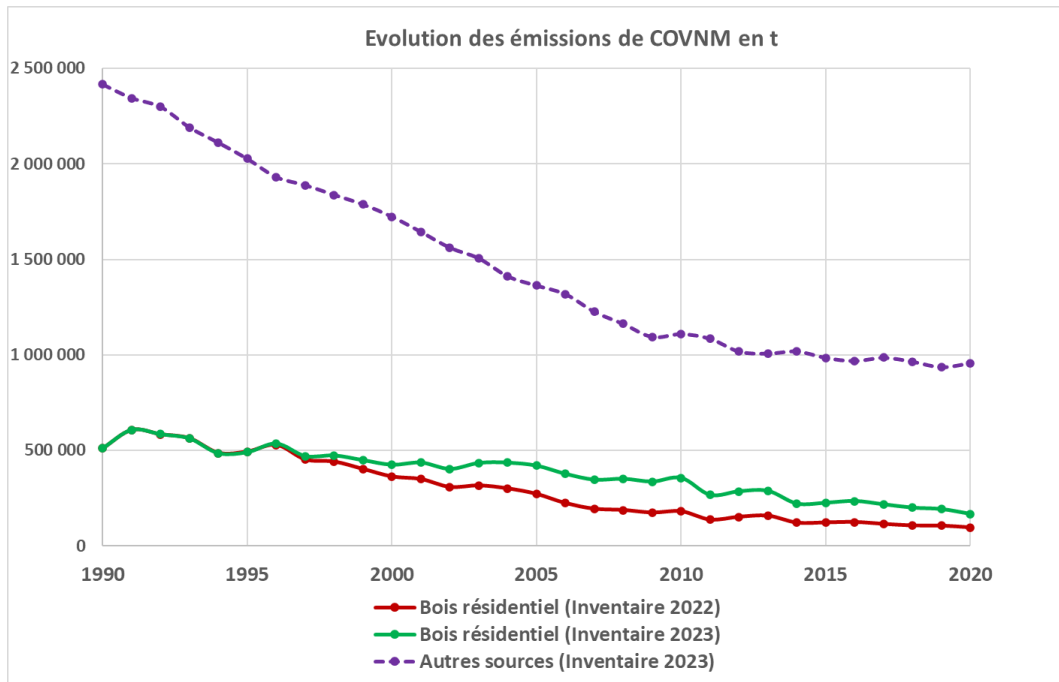


Toutes choses étant égales par ailleurs, la proportion de la contribution de la combustion du bois dans le secteur domestique aux émissions de PM<sub>2,5</sub> totales nationales, évolue à la hausse : si la contribution de cette activité évoluait à la baisse dans l'édition 2022 des inventaires nationaux, passant de 47% en 1990 à 42% en 2020, cette contribution est désormais croissante entre 1990 et 2020, passant sur la même période de 52% à 61%.



Selon les polluants considérés, d'autres émissions de polluants que les particules ont été affectées à la hausse par ce changement de méthodologie, notamment pour le CH<sub>4</sub>, les COVM ou le CO ou d'autre polluants ayant des facteurs d'émission dépendants de la catégorisation des appareils (notamment les métaux lourds), comme illustré ci-dessous :





Des évolutions méthodologiques ultérieures pourront tenter de mieux prendre en compte l'impact de l'évolution de l'usage des appareils sur les émissions (allure, allumage, humidité du bois, etc...) en faisant l'hypothèse qu'une meilleure information du public permettra une amélioration des usages (éviter les allures réduites) mais aussi de la mise sur le marché d'appareils ne permettant plus les réglages inadaptés par les utilisateurs de foyers au bois. Cela pourrait avoir un impact important sur l'évolution des émissions de PM.

Les prochains résultats des campagnes de mesures portant sur les appareils à granulés pourront également permettre d'affiner la connaissance et les estimations des émissions de ce type de combustibles dans les prochaines éditions des inventaires nationaux.

## Annexe 2.2. Agriculture (Secteur NFR 3) : Systèmes de gestion des déjections animales

### ***NFR 3 : Systèmes de gestion des déjections animales - Traitement des données pour les bovins, porcins, ovins et caprins***

Les données des enquêtes bâtiments d'élevage (1994, 2001, 2008) et pratiques d'élevage (2015) sont retraitées afin de déterminer la part des animaux gérés dans chacun des systèmes suivants :

- **Pour les bovins** : lisier avec croûte naturelle, lisier sans croûte naturelle, fumier (stockage solide), litière accumulée (pendant moins d'un mois pour les vaches laitières et pendant plus d'un mois pour les autres bovins), pâture.
- **Pour les autres animaux** : lisier sans croûte naturelle, fumier (stockage solide), pâture.

#### Définition de capacités



Les données des enquêtes sont fournies selon une catégorisation qui est globalement différente de celle proposée dans la SAA. Pour faciliter la lecture, on nomme la catégorisation des enquêtes « capacité ». Plusieurs cas peuvent être rencontrés :

- La capacité concerne une seule catégorie animale de la SAA : la correspondance est faite directement entre capacité et catégorie SAA ;
- La capacité concerne plusieurs catégories animales de la SAA : les données de la capacité sont attribuées à chaque catégorie animale de la SAA ;
- La catégorie animale de la SAA est concernée par plusieurs capacités : les données des capacités concernées sont pondérées pour être représentatives de la catégorie animale de la SAA.

Le tableau ci-dessous répertorie les différentes correspondances effectuées entre les capacités des enquêtes bâtiment (1994, 2001, 2008) et les catégories animales de la SAA.

*NB : Lorsqu'une capacité concerne plusieurs catégories animales, elle est répétée pour faciliter la lecture.*

**Tableau 206 : Correspondances entre "capacité" des enquêtes bâtiment et catégorie animale de la SAA**

Capacité des enquêtes bâtiment	Conversion de la capacité vers la catégorie animale SAA	Catégorie animale de la SAA
Vaches laitières	1,00	Vaches laitières
Vaches nourrices	1,00	Vaches nourrices
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans
Bovins en engraissement	1,00	Génisses de boucherie de plus de 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Mâles de type laitier de plus de 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Mâles de type viande de plus de 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans
Bovins en engraissement	1,00	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans
Bovins d'élevage ou maigres	1,00	Mâles de type viande de 1 à 2 ans
Veaux de boucherie	1,00	Veaux de boucherie
Autres bovins de - 1 an	1,00	Autres femelles de moins de 1 an
Autres bovins de - 1 an	1,00	Autres mâles de moins de 1 an
Truies en attente de saillie	0,04	Truies de 50 kg et plus
Truies gestantes	0,79	Truies de 50 kg et plus
Truies en maternité	0,16	Truies de 50 kg et plus
Truies en maternité	1,00	Porcelets non sevrés (<8kg)
Porcelets en post- sevrage	1,00	Porcelets sevrés de 8 à 30 kg
Porcs en engraissement	1,00	Porcs à l'engrais de 30 kg et plus
Porcs autres	1,00	Verrats de 50 kg et plus
Brebis laitières	1,00	Brebis mères laitières (y c. réforme)
Autres ovins d'élevage laitiers	0,34	Agnelles
Agneaux en engraissement	1,00	Autres ovins (y compris béliers)
Brebis viandes	1,00	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)
Autres ovins d'élevage viandes	0,66	Agnelles
Chèvres	1,00	Chèvres (femelles ayant mis bas)
Autres caprins d'élevage	1,00	Chevrettes
Chevreaux en engraissement	1,00	Autres caprins (y compris boucs)

Les coefficients suivants, appliqués pour les truies, proviennent de l'Ifip - Institut du porc [981] :

**Tableau 207 : Paramètres utilisés pour la pondération des capacités truies**

	Moyenne nationale
Intervalle sevrage - 1 <sup>ère</sup> saillie (jours)	6,2
Taux de fécondation en 1 <sup>ère</sup> saillie (%)	89%
Durée gestation (jours)	114,5
Durée du cycle sexuel (intervalle entre deux ovulations) (jours)	21
Age des porcelets au sevrage (jours)	24,3

Ces données nous permettent de faire les hypothèses suivantes concernant les durées passées à chaque stade :

- En attente de saillies : 6,2 jours,
- Gestantes :  $89 \% \times 114,5 + (1 - 89 \%) \times (114,5 + 21) = 116,8$  jours,
- Maternité : 24,3 jours.

L'expression de ces résultats en pourcentage du temps passé donne alors les chiffres proposés dans le .

Les coefficients appliqués pour les agnelles correspondent à une moyenne de valeurs. La première valeur est issue de Vermorel et al. [362] qui fournit des données d'effectifs pour l'année 2007 distinguant les agnelles laitières (agnelage à 13 mois) et les agnelles allaitantes (agnelage à 15 mois). La seconde valeur est issue du Recensement Agricole 2020 [1249] qui fournit des données d'effectifs pour l'année 2020 en distinguant les effectifs lait des effectifs viande pour les agnelles.

Dans les pratiques d'élevage (2015), la terminologie des capacités a été modifiée. Les correspondances suivantes ont été appliquées :

**Tableau 208 : Correspondances entre les capacités des enquêtes bâtiment et les libellés des pratiques d'élevage**

Capacité des enquêtes bâtiment	Correspondance pratiques d'élevage
Vaches laitières	Vaches laitières
Vaches nourrices	Vaches allaitantes
Bovins d'élevage ou maigres	Génisses de renouvellement
Bovins en engraissement	Autres bovins de boucherie
Veaux de boucherie	Veaux de boucherie
Autres bovins de - 1 an	Jeunes bovins de moins de 8 mois
Truies en attente de saillie	Truies non saillies
Truies gestantes	Truies en gestation
Truies en maternité	Truies en maternité
Porcelets en post- sevrage	Porcelets en post-sevrage
Porcs en engraissement	Porcs à l'engrais
Porcs autres	<i>Pas de correspondance</i>
Brebis laitières	Brebis laitières
Autres ovins d'élevage laitiers	Agnelles de renouvellement (sans distinction)
Agneaux en engraissement	Agneaux
Brebis viandes	Brebis nourrices
Autres ovins d'élevage viandes	Agnelles de renouvellement (sans distinction)
Chèvres	Chèvres
Autres caprins d'élevage	Chevrettes
Chevreaux en engraissement	<i>Pas de correspondance</i>

Lorsqu'il n'y a pas de correspondance dans les pratiques d'élevage 2015, les modes de gestion sont maintenus constants, égaux à ceux de 2008. C'est le cas pour les verrats et les autres caprins (y compris boucs).

Pour les agnelles, la distinction entre les laitières et les allaitantes n'est plus fournie dans les pratiques d'élevage 2015 : les coefficients précités ne sont alors plus appliqués.

#### Définition des types de sol

Les enquêtes bâtiment fournissent des informations sur la répartition des animaux par type de sol, catégorisés par capacité (voir ci-dessus). Les types de sols déclarés varient selon les capacités. L'objectif est ensuite de faire le lien entre type de sol et type de déjections produites.

L'attribution des types de déjections produites par type de sol a été faite :

- Pour les bovins : avec l'appui de l'Institut de l'Elevage (IDELE)
- Pour les porcins : avec l'appui de l'Institut du Porc (IFIP)
- Pour les ovins et les caprins : dans les enquêtes bâtiment, les types de sol proposés sont tous des sols de type fumier.

Tableau 209 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut de l'Elevage - Vaches laitières

Vaches laitières				% Pâturation	% Lisier avec croûte naturelle	% Lisier sans croûte naturelle	% Litière accumulée < 1 mois	% Stockage solide
Plein-air intégral				100%	0%	0%	0%	0%
Stabulation (ou étable) entravée	avec litière			0%	0%	0%	0%	100%
	sans litière			0%	0%	100%	0%	0%
pente paillée				0%	0%	0%	0%	100%
Stabulation libre	litière accumulée	aire d'exercice raclée	fumier	0%	0%	15%	7%	78%
			lisier	0%	60%	0%	7%	33%
avec aire d'exercice totalement couverte	logettes	aire d'exercice bétonnée	fumier	0%	0%	25%	0%	75%
			lisier	0%	100%	0%	0%	0%
Stabulation libre	pente paillée	aire d'exercice caillebotis	aire paillée intégrale	0%	0%	0%	17%	83%
			alimentation distribuée	0%	10%	15%	0%	75%
avec aire d'exercice non couverte	litière accumulée	système fumier	alimentation distribuée	0%	10%	13%	7%	71%
			alimentation silo libre service	0%	15%	11%	7%	67%
ou incomplètement couverte	logettes	système lisier	alimentation distribuée	0%	60%	0%	7%	33%
			alimentation silo libre service	0%	60%	0%	7%	33%
			alimentation distribuée	0%	10%	23%	0%	68%
			alimentation silo libre service	0%	15%	21%	0%	64%
			alimentation distribuée	0%	100%	0%	0%	0%
			alimentation silo libre service	0%	100%	0%	0%	0%

Tableau 210 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut de l'Elevage - Vaches allaitantes et autres bovins

Vaches allaitantes et autres bovins				% Pâturage	% Lisier avec croûte naturelle	% Lisier sans croûte naturelle	% Litière accumulée > 1 mois	% Stockage solide
Plein-air intégral				100%	0%	0%	0%	0%
Stabulation (ou étable) entravée	avec litière			0%	0%	0%	0%	100%
	sans litière			0%	0%	100%	0%	0%
pente paillée				0%	0%	0%	0%	100%
Stabulation libre	litière accumulée	aire d'exercice raclée	fumier	0%	0%	13%	14%	73%
			lisier	0%	50%	0%	14%	36%
avec aire d'exercice totalement couverte	logettes	aire d'exercice caillebotis	aire d'exercice caillebotis (lisier)	0%	0%	50%	14%	36%
			aire paillée intégrale	0%	0%	0%	29%	71%
Stabulation libre	logettes	aire d'exercice bétonnée	fumier	0%	0%	25%	0%	75%
			lisier	0%	100%	0%	0%	0%
avec aire d'exercice non couverte	logettes	aire d'exercice caillebotis	aire d'exercice caillebotis	0%	0%	100%	0%	0%
			alimentation distribuée	0%	10%	15%	0%	75%
ou incomplètement couverte	logettes	aire d'exercice caillebotis	alimentation silo libre service	0%	15%	15%	0%	70%
			alimentation distribuée	0%	10%	10%	14%	66%
Stabulation libre	litière accumulée	système fumier	alimentation silo libre service	0%	15%	9%	14%	62%
			alimentation distribuée	0%	50%	0%	14%	36%
avec aire d'exercice non couverte	logettes	système lisier	alimentation silo libre service	0%	50%	0%	14%	36%
			alimentation distribuée	0%	10%	23%	0%	68%
ou incomplètement couverte	logettes	système fumier	alimentation silo libre service	0%	15%	21%	0%	64%
			alimentation distribuée	0%	100%	0%	0%	0%
Stabulation libre	logettes	système lisier	alimentation silo libre service	0%	100%	0%	0%	0%
			alimentation distribuée	0%	100%	0%	0%	0%

Les types de sol des enquêtes bâtiment pour les porcins ont été simplifiés dans le tableau ci-dessous : certaines distinctions supplémentaires étaient en effet proposées mais n'impactent pas sur la détermination du type de déjection, ni sur les quantités de paille apportées.

**Tableau 211 : Attribution des types de déjections produites par type de sol avec l'appui de l'Institut du Porc**

Catégories d'animaux	Type de sol simplifié	Types de déjections	
Truies en attente de saillie, gestantes ou en maternité	Plein air	100% plein air	
	Semi plein-air	100% lisier	
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis total ou caillebotis partiel	100% lisier
		Sol béton ou légèrement paillé et raclé	100% fumier
Post-sevrage	Sol paillé (litière accumulée)	100% fumier	
	Plein air	100% plein air	
	Semi plein-air	100% lisier	
	En maternité (les porcelets restent dans le local maternité après sevrage)	100% lisier	
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis partiel ou total	100% lisier
Sol béton ou légèrement paillé et raclé		100% fumier	
Sol paillé (litière accumulée)		100% fumier	
Engraissement	Plein air	100% plein air	
	Semi plein-air	100% lisier	
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis partiel ou caillebotis total	100% lisier
		Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	100% fumier
Sol paillé (litière accumulée)	100% fumier		
Autres porcs	Plein air	100% plein air	
	Semi plein-air	100% lisier	
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis total ou partiel	100% lisier
		Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	100% fumier
Sol paillé (litière accumulée)	100% fumier		

#### Mise en cohérence des séries

Dans l'enquête pratiques d'élevage, tout comme pour les capacités, la terminologie des types de sol a été modifiée. Le Citepa a retraité les données disponibles pour obtenir les correspondances avec les types de sol des enquêtes bâtiment.

Les résultats de l'enquête pratiques d'élevage 2015 sont fournis au niveau des **nouvelles régions et au niveau national**. En revanche, les résultats ne sont pas fournis pour l'ensemble des nouvelles régions mais uniquement pour celles dans lesquelles les espèces sont le plus présentes. Par exemple, pour les vaches laitières, les données sont fournies au niveau national, ainsi que pour la Bretagne, la Normandie et les Pays de la Loire. Ces 3 régions représentent plus de la moitié des effectifs pour l'année enquêtée (2015).

Pour les bovins, les résultats proposent une répartition des animaux pour :

- La stabulation : libre, entravée, box ou logette ;
- La nature du sol : litière paillée, litière sciure ou copeaux, pente paillée, caillebotis, matelas ou tapis, autre ;
- Les caractéristiques de l'aire d'exercice : distincte, couverte, mode d'évacuation (raclée fumier, raclée lisier, caillebotis, autres)

Les retraitements effectués par le Citepa se décomposent en plusieurs étapes :

- Etape 1 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre stabulation entravée et stabulation non entravée ;
- Etape 2 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre litière, caillebotis et matelas ;
- Etape 3 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre aire d'exercice distincte et non distincte ;

- Etape 4 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre aire d'exercice couverte et non couverte ;
- Etape 5 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre logettes, pente paillée et litière accumulée ;
- Etape 6 : calcul du pourcentage de répartition des animaux entre aire raclée fumier, aire raclée lisier, aire caillebotis.

**A noter** : des données issues du Recensement agricole 2020 ont pu être transmises pour intégration dans l'inventaire [1249]. Ont été valorisées ici les données d'effectifs gérés en plein-air intégral pour les vaches laitières et allaitantes. La dernière donnée disponible concernant le système en plein-air intégral datait de l'enquête 2008. Par souci de simplification, la valeur issue du recensement agricole 2020 a été attribuée à l'année 2015. Pour la période 2008-2015, les données ont été interpolées. La valeur du recensement 2020 est ensuite maintenue sur la période 2015-année en cours.

Tableau 212 : Premiers retraitements des données pratiques d'élevage 2015 par le Citepa pour les bovins

Données disponibles dans les enquêtes pratiques d'élevage 2015		Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4	Etape 5	Etape 6	
Stabulation (total = 100%)	Libre							
	Entravée	% Entravé						
	Box ou logettes					% Logettes		
Nature du sol (total = 100%)	Litière paillée		% Litière					
	Litière sciure ou copeaux		% Litière					
	Pente paillée					% Pente paillée		
	Caillebotis		% Caillebotis					
	Matelas ou tapis		% Matelas					
	Autre		Non pris en compte					
Aire d'exercice	Élevage avec aire d'exercice distincte			% Aire d'exercice distincte				
	Part des aires d'exercice couvertes			% Aire d'exercice couverte				
	Répartition des aires d'exercice selon le mode d'évacuation des déjections (total = 100%)	Raclée fumier					% Raclée fumier	
		Raclée lisier					% Raclée lisier	
		Caillebotis					% Caillebotis	
Autre								
<i>Solde recalculé Citepa</i>		% Non entravé		% Aire d'exercice non distincte	% Aire d'exercice non couverte	% Litière accumulée		

Tableau 213 : Correspondances entre types de sol des enquêtes bâtiment et retraitements Citepa sur les pratiques d'élevage 2015 (et recensement agricole 2020)- Bovins

Types de sols des enquêtes bâtiment			Retraitements spécifiques des données sur les pratiques d'élevage 2015		
Plein-air intégral			Attribution du pourcentage issu du Recensement Agricole 2020		
Stabulation (ou étable) entravée	avec litière		% Entravée x % Litière		
	sans litière		% Entravée x (% Caillebotis+ % Matelas)		
	pente paillée		% Non entravée x % Aire d'exercice couverte x % Pente paillée		
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte	aire d'exercice raclée	fumier	% Non entravée x % Aire d'exercice distincte x % Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée x % Raclée fumier		
		lisier	% Non entravée x % Aire d'exercice distincte x % Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée x % Raclée lisier		
	litière accumulée		% Non entravée x % Aire d'exercice distincte x % Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée x % Caillebotis		
	aire d'exercice caillebotis (lisier)		% Non entravée x % Aire d'exercice non distincte x Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée		
	aire paillée intégrale		% Non entravée x % Aire d'exercice non distincte x Aire d'exercice couverte x % Litière accumulée		
logettes	aire d'exercice bétonnée	fumier	% Non entravée x % Aire d'exercice couverte x % Logettes x % Litière		
		lisier	% Non entravée x % Aire d'exercice couverte x % Logettes x % Matelas		
	aire d'exercice caillebotis		% Non entravée x % Aire d'exercice couverte x % Logettes x % Caillebotis		
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte	pente paillée	Alim distribuée	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Pente paillée		
		Alim silo libre-service	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Pente paillée		
	litière accumulée	système fumier	Alim distribuée	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Litière accumulée x % Litière	
système lisier		Alim silo libre-service	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Litière accumulée x (% Caillebotis + % Matelas)		
ou incomplètement couverte	logettes	système fumier	Alim distribuée	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Logettes x % Litière	
		système lisier	Alim silo libre-service	% Non entravée x % Aire d'exercice non couverte x % Logettes x (% Caillebotis + % Matelas)	

A noter : pour les systèmes distinguant le type d'alimentation (distribuée ou silo libre-service), la distinction n'étant pas disponible dans les enquêtes pratiques d'élevage 2015, la valeur agrégée des pratiques d'élevage 2015 est répartie entre ces deux modes au prorata de la dernière répartition connue, provenant des enquêtes bâtiment (2008).



Pour les porcins, les résultats des pratiques d'élevage 2015 proposent une répartition des animaux selon les types de sol suivants :

- Caillebotis intégral,
- Caillebotis partiel,
- Litière accumulée avec paille.

Pour faire correspondre ces types de sol à ceux des enquêtes bâtiment, les modalités caillebotis intégral et partiel ont été fusionnées. Les correspondances suivantes ont été effectuées :

**Tableau 214 : Correspondances entre types de sol des enquêtes bâtiment et retraitements Citepa sur les pratiques d'élevage 2015 - Porcins**

Catégories animales	Types de sols des enquêtes bâtiment		Retraitements spécifiques des données sur les pratiques d'élevage 2015
Truies en attente de saillie, gestantes ou en maternité	Plein air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Semi plein-air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis total ou caillebotis partiel	% Caillebotis intégral + % Caillebotis partiel
Sol béton ou légèrement paillé et raclé		% Litière accumulée avec paille	
Sol paillé (litière accumulée)			
Post-sevrage	Plein air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Semi plein-air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	En maternité		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis partiel ou total	% Caillebotis intégral + % Caillebotis partiel
		Sol béton ou légèrement paillé et raclé	% Litière accumulée avec paille
Sol paillé (litière accumulée)			
Engraissement	Plein air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Semi plein-air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol caillebotis partiel ou caillebotis total	% Caillebotis intégral + % Caillebotis partiel
		Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	% Litière accumulée avec paille
		Sol paillé (litière accumulée)	
Autres porcs	Plein air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Semi plein-air		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Sol caillebotis total ou partiel		Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
	Bâtiment fermé (entièrement couvert)	Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	Pas de données exploitables : report de la valeur 2008
		Sol paillé (litière accumulée)	Pas de données exploitables : report de la valeur 2008

A noter : pour les systèmes distinguant les sols paillés des sols légèrement paillés ou non, la distinction n'étant pas disponible dans les enquêtes pratiques d'élevage 2015, la valeur agrégée des pratiques d'élevage 2015 est répartie entre ces deux modes au prorata de la dernière répartition connue, provenant des enquêtes bâtiment (2008).

**Pour les ovins**, les résultats des pratiques d'élevage 2015 proposent une répartition des animaux selon les types de sol suivants :

- Plein air intégral,
- Litière intégrale,
- Caillebotis.

A la différence des enquêtes bâtiment, les enquêtes pratiques d'élevage proposent donc désormais pour les ovins des systèmes en lisier (caillebotis) et des systèmes de plein air intégral.

**Pour les caprins**, les résultats des pratiques d'élevage 2015 proposent une répartition des animaux selon les types de sol suivants :

- Litière intégrale,

➤ Caillebotis.

A la différence des enquêtes bâtiment, les enquêtes pratiques d'élevage proposent donc désormais pour les caprins des systèmes en lisier (caillebotis).

Les schémas ci-dessous présentent les sources utilisées (résultats des enquêtes) et principaux retraitements par grande catégorie animale : bovins, porcins, ovins, caprins.

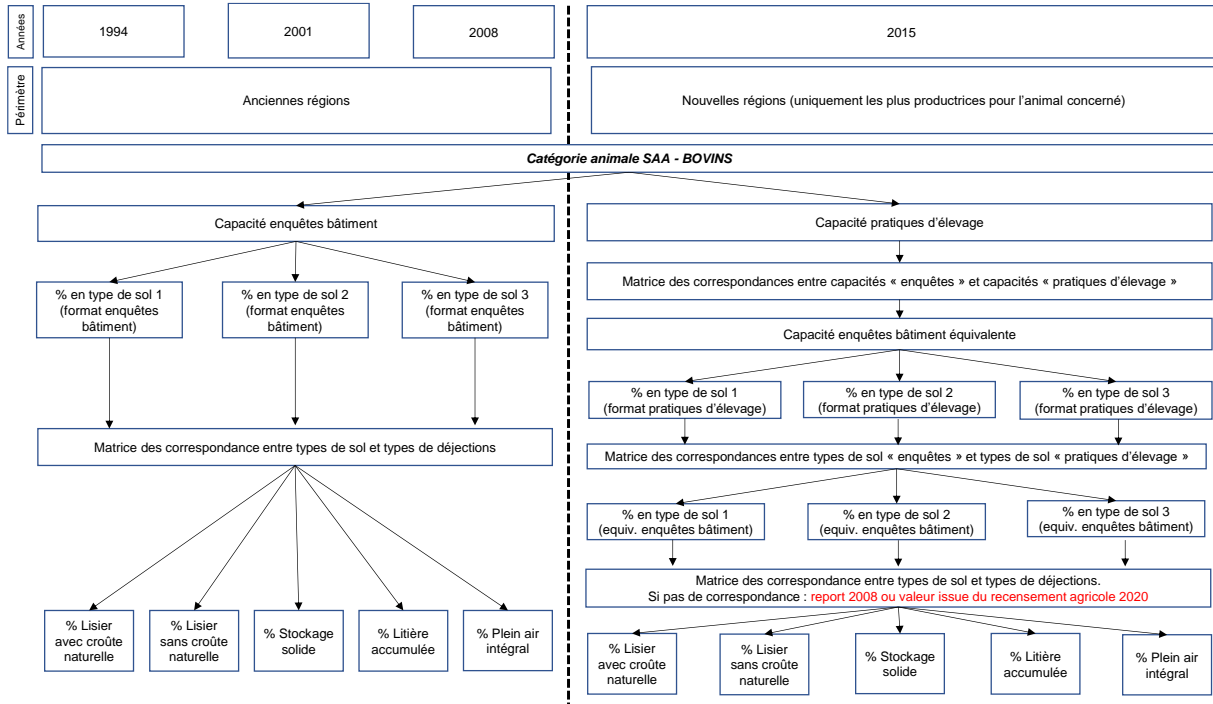


Figure 185 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les bovins

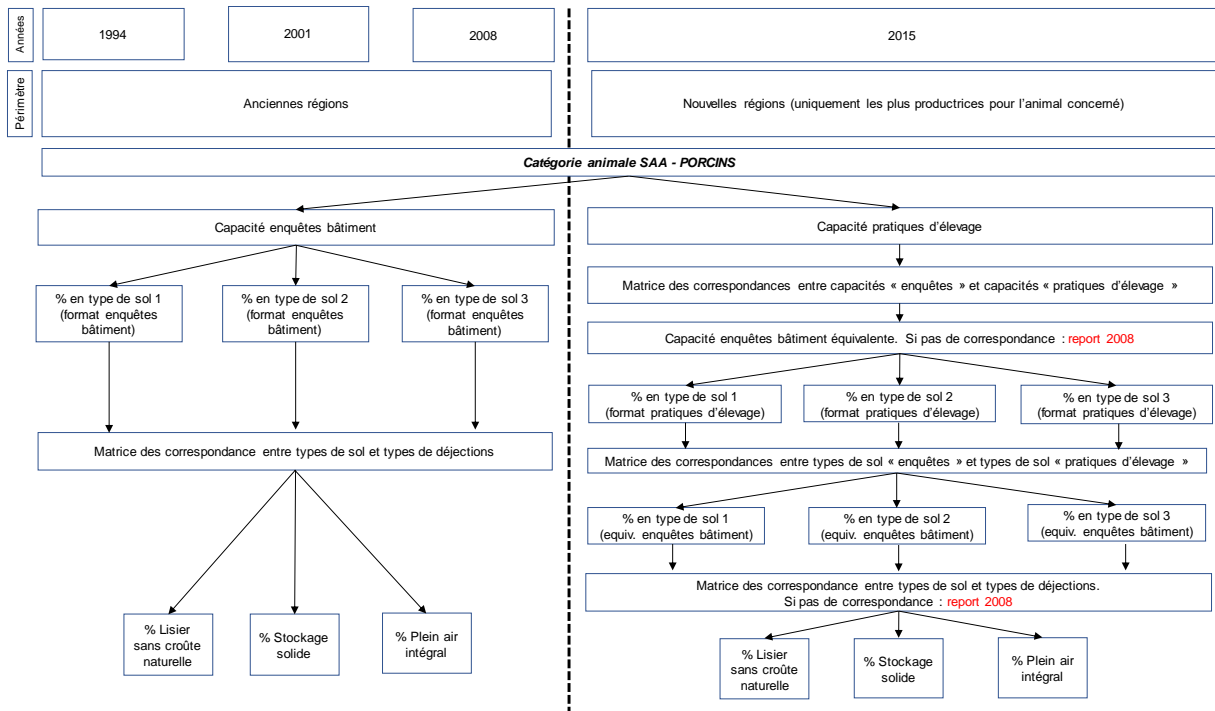


Figure 186 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les porcins

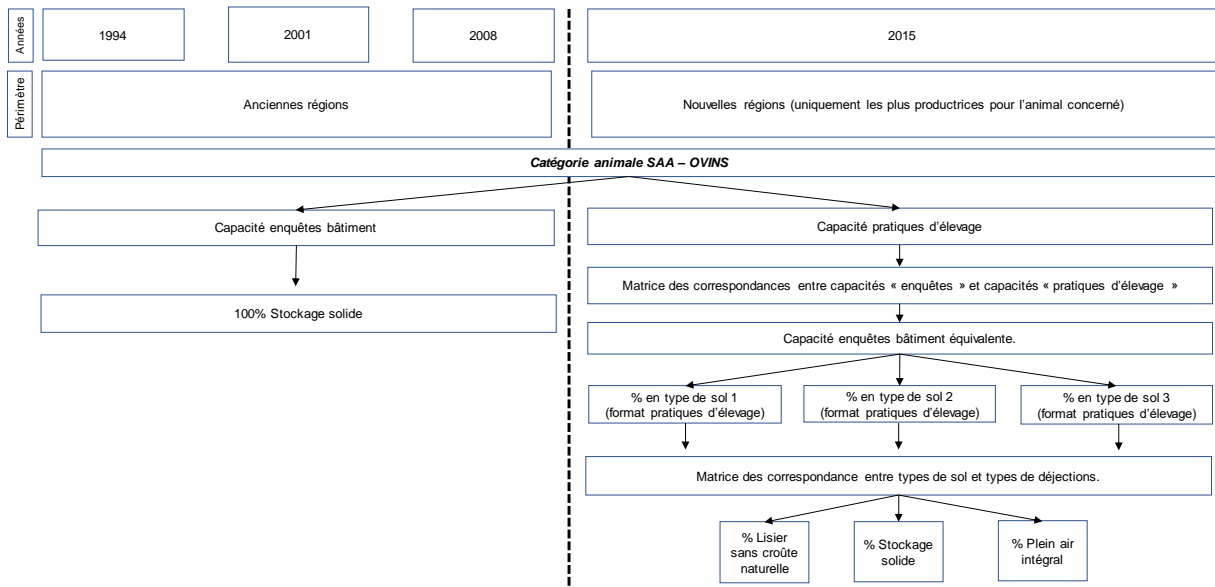


Figure 187 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les ovins

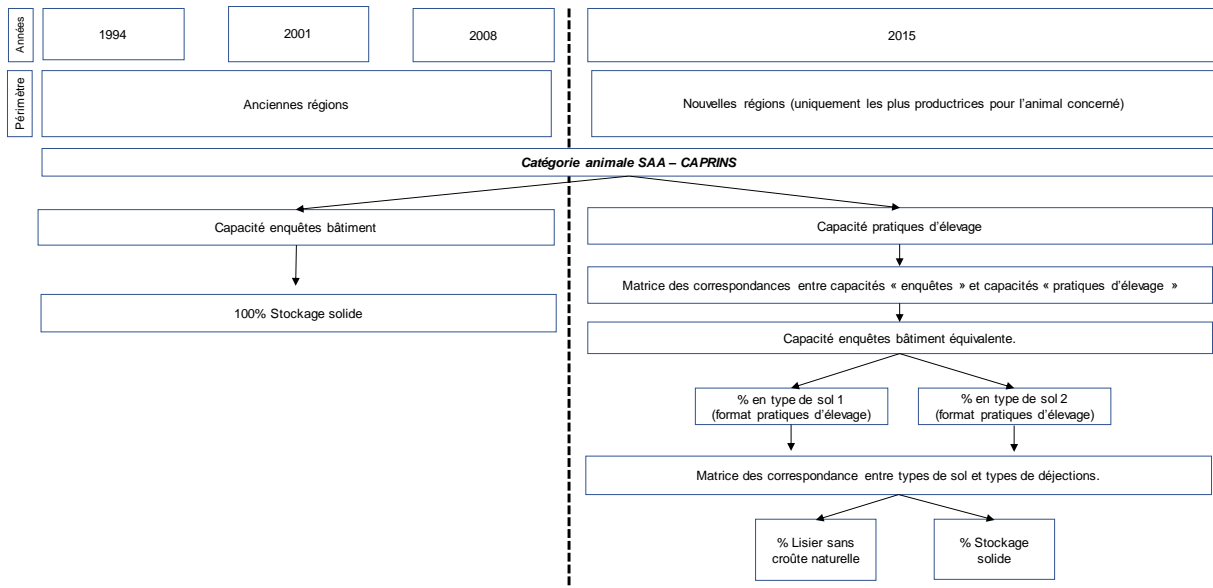


Figure 188 : Sources et retraitements des données d'enquêtes pour les caprins

A ces différents retraitements vient s'ajouter la complexité de la couverture géographique. En effet, comme mentionné plus haut, les résultats des enquêtes pratiques d'élevage sont restitués au niveau national et pour les principales nouvelles régions productrices. Pour compléter la couverture géographique de ces résultats, les retraitements suivants ont été apportés :

- **Etape 1** : traitement des données pour les nouvelles régions enquêtées. La répartition des animaux par système de gestion des déjections est connue. Ces pourcentages de répartition pour les nouvelles régions, pouvant regrouper plusieurs anciennes régions, sont appliqués à l'ensemble des anciennes régions pertinentes.
- **Etape 2** : recalcul du solde national. Les animaux répartis par système de gestion pour les régions connues sont soustraits des effectifs nationaux répartis par système de gestion.
- **Etape 3** : recalcul des pourcentages de répartition pour les régions manquantes. Les pourcentages de répartition par système de déjection sont calculés à partir des effectifs recalculés à l'étape 2. Ces pourcentages sont appliqués pour les régions non enquêtées.

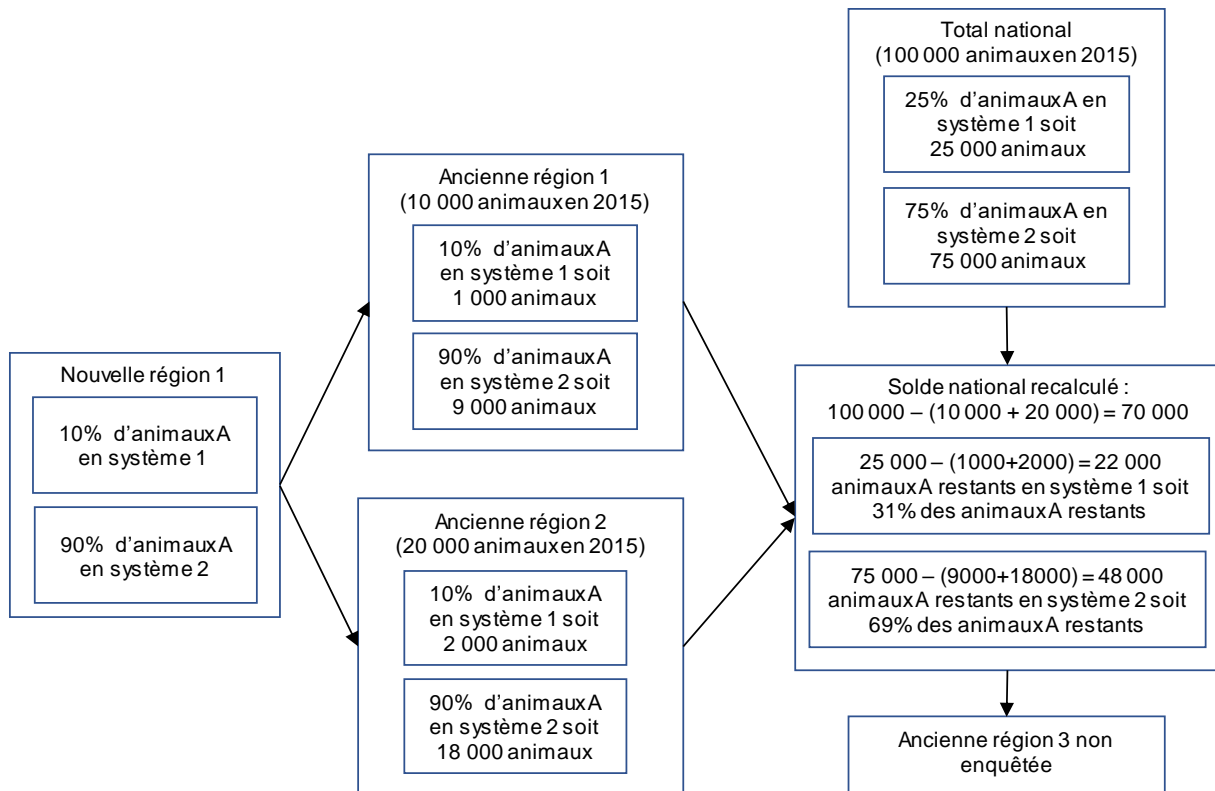


Figure 189 : Illustration fictive du retraitement des données effectué pour mettre en cohérence le périmètre géographique des enquêtes pratiques d'élevage

Une fois ces différents retraitements effectués, on obtient bien pour les bovins, porcins, ovins et caprins, **4 données de répartition** des animaux par système de gestion des déjections par ancienne région : 1994, 2001, 2008, 2015.

Ces données sont utilisées de la façon suivante sur la période :

Tableau 215 : Traitement des données sur les systèmes de gestion des déjections sur la période

		1990 - 1994	1995 - 2000	2001	2002 - 2007	2008	2009-2014	2015 - année en cours	
Bovins	% Plein air intégral	Données 1994	Interpolation linéaire 1994-2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001-2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008-2015	Donnée issue du recensement 2020	
	% Systèmes autres que le plein-air intégral	Données 1994	Interpolation linéaire 1994-2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001-2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008-2015	Données 2015	
Porcins	% Plein air intégral	Données 1994	Interpolation linéaire 1994-2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001-2008	Données 2008	Données 2008	Données 2008	
	% Systèmes lisier	Données 1994	Interpolation linéaire 1994-2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001 - 2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008-2015	Données 2008 (selon les sous-systèmes)	Données 2015 (selon les sous-systèmes)
	% Systèmes fumier	Données 1994	Interpolation linéaire 1994-2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001-2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008-2015	Données 2008 (selon les sous-systèmes)	Données 2015 (selon les sous-systèmes)
Ovins	% Plein air intégral	0%	0%	0%	0%	0%	Interpolation linéaire 2008-2015	Données 2015	
	% Systèmes lisier	0%	0%	0%	0%	0%	Interpolation linéaire 2008-2015	Données 2015	
	% Systèmes fumier	Données 1994	Interpolation linéaire 1994-2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001-2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008-2015	Données 2015	
Caprins	% Systèmes lisier	0%	0%	0%	0%	0%	Interpolation linéaire 2008-2015	Données 2015	
	% Systèmes fumier	Données 1994	Interpolation linéaire 1994-2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001-2008	Données 2008	Interpolation linéaire 2008-2015	Données 2015	

### Temps de présence au bâtiment

Parmi les systèmes présentés plus haut figure le plein-air intégral. Pour ce système, le temps de présence au bâtiment est nul et l'ensemble des déjections produites est attribué au système « pâture/parcours ». Pour les autres systèmes, le temps de présence au bâtiment **n'est pas forcément de 100%**. Le pourcentage du temps passé en dehors des bâtiments pour ces systèmes doit être estimé et les déjections produites au cours de ce temps passé à l'extérieur viendront s'ajouter au système « pâture/parcours ».

#### *Pour les bovins et les ovins*

Le temps passé en bâtiment a été estimé à l'aide des durées d'hébergement fournies dans les enquêtes bâtiment 2001 et 2008 [480]. L'enquête bâtiment 1994 ainsi que l'enquête pratiques d'élevage 2015 [980] ne contiennent pas cette information.

Ces durées de présence des animaux en bâtiment sont fournies en « jours temps plein » ce qui correspond au nombre de jours d'hébergement continu pendant la période hivernale. Le temps passé en bâtiment pour la traite pendant l'été et les périodes de transition sont donc exclues des durées d'hébergement fournies. Ainsi, pour les vaches laitières, 4h d'hébergement ont été rajoutées par jour non-hébergé afin de prendre en compte le temps passé en bâtiment pour la traite. Les périodes de transition (périodes de l'année où les bovins ne sortent que temporairement, surtout au printemps et à l'automne) ont été prises en compte grâce aux données fournies par l'observatoire de l'alimentation des vaches laitières [477].

Ces données sont utilisées de la manière suivante sur la période de 1990 à l'année en cours :

**Tableau 216 : Traitement des données sur les temps d'hébergement sur la période**

	1990 - 1994	1995 - 2000	2001	2002 - 2007	2008 - année en cours
Bovins	Données 2001	Données 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001-2008	Données 2008
Ovins	Données 2001	Données 2001	Données 2001	Interpolation linéaire 2001-2008	Données 2008

#### *Pour les porcins*

Les enquêtes bâtiment ne fournissent pas de durées d'hébergement : les animaux gérés en bâtiment se voient attribuer 100% de leur temps au bâtiment. Seules les déjections des animaux en systèmes d'élevage plein air intégral (voir plus haut) seront attribuées au mode « pâture/parcours » intégralement.

#### *Pour les caprins*

Les durées d'hébergement ont été fournies par l'Institut de l'Élevage [478], à partir des données des bases PMPOA 1 et 2. Ces données sont disponibles uniquement pour l'année 2007, mais le détail régional est connu. Faute d'autres données disponibles, les données 2007 sont considérées constantes dans le temps et utilisées pour toute la période.

### Quantités de paille apportées

Pour les bovins et les porcins, des tables de correspondances réalisées par l'Institut de l'Élevage, le SSP (services statistiques du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire) et l'Institut du porc ont permis de connaître les quantités de paille utilisées par mode de stabulation/type de sol provenant des enquêtes bâtiment. Le tableau ci-dessous présente les quantités de paille à apporter par jour en kg, par capacité « enquête bâtiment » (voir plus haut), par type de logement, **pour les bovins**.

**Tableau 217 : Quantités de paille à apporter par type de logement et par capacité - Bovins**

Type de logement	Capacité enquête bâtiment	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Stabulation (ou étable) entravée avec litière	Vaches laitières	2,5
	Vaches nourrices	2,5
	Bovins d'élevage	2
	Bovins d'engraissement	2
	Veaux	1

	Autres	1
	Vaches laitières	0
	Vaches nourrices	0
Stabulation (ou étable) entravée sans litière	Bovins d'élevage	0
	Bovins d'engraissement	0
	Veaux	0
	Autres	0
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, pente paillée	Vaches laitières	5
	Vaches nourrices	4,5
	Bovins d'élevage	4
	Bovins d'engraissement	4
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, litière accumulée, aire d'exercice raclée, fumier	Vaches laitières	7,5
	Vaches nourrices	5,5
	Bovins d'élevage	4
	Bovins d'engraissement	4
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, litière accumulée, aire d'exercice raclée, lisier	Vaches laitières	6
	Vaches nourrices	5
	Bovins d'élevage	3,5
	Bovins d'engraissement	3,5
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, litière accumulée, aire d'exercice caillebotis (lisier)	Vaches laitières	6
	Vaches nourrices	5
	Bovins d'élevage	3,5
	Bovins d'engraissement	3,5
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, litière accumulée, aire paillée intégrale	Vaches laitières	9
	Vaches nourrices	7
	Bovins d'élevage	5
	Bovins d'engraissement	5
	Veaux	2
	Autres	2
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, logettes, aire d'exercice bétonnée, fumier	Vaches laitières	3
	Vaches nourrices	2,5
	Bovins d'élevage	2
	Bovins d'engraissement	2
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, logettes, aire d'exercice bétonnée, lisier	Vaches laitières	0,5
	Vaches nourrices	0,3
	Bovins d'élevage	0,2
	Bovins d'engraissement	0,2
	Veaux	0,5
	Autres	0,5
Stabulation libre avec aire d'exercice totalement couverte, logettes, aire d'exercice caillebotis	Vaches laitières	0,5
	Vaches nourrices	0,3
	Bovins d'élevage	0,2
	Bovins d'engraissement	0,2
	Veaux	0,5
	Autres	0,5
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, pente paillée, alimentation distribuée	Vaches laitières	5
	Vaches nourrices	4,5
	Bovins d'élevage	4
	Bovins d'engraissement	4
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, pente paillée, alimentation silo en libre service	Vaches laitières	5
	Vaches nourrices	4,5
	Bovins d'élevage	4
	Bovins d'engraissement	4
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, litière accumulée, système fumier, alimentation distribuée	Vaches laitières	8,5
	Vaches nourrices	6,5
	Bovins d'élevage	5
	Bovins d'engraissement	5
	Veaux	1



	Autres	1
	Vaches laitières	7
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, litière accumulée, système fumier, alimentation silo en libre service	Vaches nourrices	6
	Bovins d'élevage	4,5
	Bovins d'engraissement	4,5
	Veaux	1
	Autres	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, litière accumulée, système lisier, alimentation distribuée	Vaches laitières	6
	Vaches nourrices	5
	Bovins d'élevage	3,5
	Bovins d'engraissement	3,5
	Veaux	1
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, litière accumulée, système lisier, alimentation silo en libre service	Autres	1
	Vaches laitières	9
	Vaches nourrices	7
	Bovins d'élevage	5
	Bovins d'engraissement	5
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, logettes, système fumier, alimentation distribuée	Veaux	2
	Autres	2
	Vaches laitières	4
	Vaches nourrices	3,5
	Bovins d'élevage	3
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, logettes, système fumier, alimentation silo en libre service	Bovins d'engraissement	3
	Veaux	1,5
	Autres	1,5
	Vaches laitières	4
	Vaches nourrices	3,5
Stabulation libre avec aire d'exercice non couverte ou incomplètement couverte, logettes, système lisier, alimentation distribuée	Bovins d'élevage	3
	Bovins d'engraissement	3
	Veaux	1,5
	Autres	0,5
	Vaches nourrices	0,3
Bâtiment fermé (entièrement couvert), Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	Bovins d'élevage	0,2
	Bovins d'engraissement	0,2
	Veaux	0,5
	Autres	0,5
	Vaches laitières	0,5
Bâtiment fermé (entièrement couvert), Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	Vaches nourrices	0,3
	Bovins d'élevage	0,2
	Bovins d'engraissement	0,2
	Veaux	0,5
	Autres	0,5

Le tableau ci-dessous présente les quantités de paille à apporter par jour en kg, par capacité « enquête bâtiment » (voir plus haut), par type de logement, pour les porcins.

**Tableau 218 : Quantités de paille à apporter par type de logement et par capacité - Porcins**

Capacité bâtiment	enquête	Types de logement	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Truies en attente de saillie		Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton ou légèrement paillé et raclé	0,5
		Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton (litière accumulée)	1,7
Truies gestantes		Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton ou légèrement paillé et raclé	0,5
		Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton (litière accumulée)	1,7
Truies en maternité		Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton ou légèrement paillé et raclé	2
		Bâtiment fermé (entièrement couvert), sol béton (litière accumulée)	2
Porcs en post sevrage		Sol béton ou légèrement paillé et raclé	0,12
		Sol paillé (litière accumulée) sur paille ou sciure accumulée	0,3
Porcs en engraissement ou pré-engraissement		Bâtiment fermé (entièrement couvert), Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	0,3
		Bâtiment fermé (entièrement couvert), sur paille ou sciure accumulée	1,9
Autres porcs		Bâtiment fermé (entièrement couvert), Sol béton (légèrement paillé ou non) raclé	0,3
		Bâtiment fermé (entièrement couvert), sur paille ou sciure accumulée	1

Les quantités de paille pour les bovins et les porcins étant attribuées par mode de logement et capacité, elles sont utilisées sur la période de la même manière que celles relatives à la répartition par systèmes de gestion des déjections (voir Tableau 215).

Pour les caprins et les ovins, les quantités de pailles utilisées ont été fournies par l'Institut de l'Elevage et le SSP. Le tableau ci-dessous présente les quantités de paille à apporter par jour en kg, par catégorie animale, **pour les ovins**.

**Tableau 219 : Besoins en paille par catégorie animale - Ovins**

Catégories d'animaux	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Brebis, agneaux non sevrés et béliers	1,6
Agnelles	0,75
Agneaux	0,15

Dans la SAA, les béliers sont comptabilisés avec les agneaux. Un retraitement a été effectué pour pondérer les apports de paille de cette catégorie mixte, au prorata des effectifs différenciés (béliers/agneaux) fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 et dans le recensement agricole [1249] pour l'année 2020. Le choix a été fait de moyenniser les proratas pour ces deux années afin d'obtenir une pondération constante sur la période. Les quantités de paille résultantes, exprimées par capacité des enquêtes bâtiment, sont les suivantes :

**Tableau 220 : Besoins en paille par capacité enquêtes bâtiment - Ovins**

Capacités enquêtes bâtiment	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Brebis laitières	1,60
Autres animaux d'élevage laitiers	0,75
Brebis viandes	1,60
Autres animaux d'élevage viandes	0,75
Agneaux en engraissement	0,28

Le tableau ci-dessous présente les quantités de paille à apporter par jour en kg, par catégorie animale, **pour les caprins**.

**Tableau 221 : Besoins en paille par catégorie animale - Caprins**

Catégories d'animaux	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Chèvres et boucs	1,5
Nurserie	0,25
Chevrettes	0,75
Chevreaux	0,25

Pour assurer la cohérence avec les capacités des enquêtes bâtiment et la statistique agricole, les retraitements suivants ont été effectués :

- Pour les chèvres : la correspondance est directe,
- Pour les chevrettes : on considère que les chevrettes passent 6% de leur vie en nurserie, d'après les données tirées d'une publication de l'IDELE [982]. La pondération est alors faite entre les apports en nurserie et les apports pour les chevrettes.
- Pour les autres caprins (y compris boucs) : la pondération est faite entre les boucs et les chevreaux au prorata des effectifs différenciés (boucs/chevreaux) fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 et dans le recensement agricole [1249] pour l'année 2020. Le choix a été fait de moyenniser les proratas pour ces deux années afin d'obtenir une pondération constante sur la période.

Les quantités de paille résultantes, exprimées par capacité des enquêtes bâtiment, sont les suivantes :

Tableau 222 : Besoins en paille par capacité enquêtes bâtiment - Caprins

Capacités enquêtes bâtiment	Besoin en paille par animal par jour (en kg)
Chèvres	1,50
Autres animaux d'élevage	0,72
Chevreaux en engraissement	0,66

Les quantités de paille pour les ovins et les caprins étant attribuées par capacité, elles sont utilisées sur la période de la même manière que celles relatives à la répartition par systèmes de gestion des déjections (voir Tableau 215).

### ***Systèmes de gestion des déjections animales - Traitement des données pour les équins***

#### *Temps de présence au bâtiment*

Il a été considéré que les équins passent en moyenne 5 mois en bâtiment, sur la base d'un rapport sur les effluents animaux paru en 2002 [476]. Faute d'autres données disponibles, cette donnée est considérée constante dans le temps et utilisée pour toute la période.

#### *Mode de gestion des déjections*

Les systèmes lisiers n'existent pas en France, donc 100% des systèmes sont considérés en fumier.

#### *Quantités de paille apportées*

Pour les équins, les quantités de paille journalières retenues proviennent d'EMEP/EEA 2019 [1138].

### ***Systèmes de gestion des déjections animales - Traitement des données pour les volailles***

#### *Temps de présence au bâtiment*

Les temps d'hébergement sont déduits des facteurs d'excrétion azotée des documents Corpen (Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement), qui distinguent la part azotée au parcours de celle excrétée en bâtiment. Il existe trois versions du Corpen pour les volailles : 1996 [503], 2006 [471] et la mise à jour de 2012 [504]. Ces guides fournissent les parts d'excrétions au parcours pour respectivement 40, 78 et 80 catégories de volailles, alors que la SAA ne compte que 10 catégories. Ainsi, pour calculer les parts d'excrétions au parcours à partir du Corpen, il faut connaître les effectifs pour chaque catégorie Corpen, puis calculer un facteur d'émission pondéré pour les 10 catégories de la SAA. Pour cela, les effectifs nationaux fournis pour 46 catégories de volailles par les enquêtes bâtiments 2008 [480] ont été utilisés, en faisant l'hypothèse, faute de données supplémentaires, que les répartitions entre les 46 populations de volailles sont constantes entre 1996 et 2012. Les catégories de volailles et les périmètres d'étude ayant variés entre les versions, certaines données aberrantes ont été corrigées par une interpolation entre les deux valeurs de 1996 et 2012.

Les temps d'hébergement utilisés sur la période de 1990 à l'année en cours sont les suivants :

- de 1990 à 1996 : les données utilisées sont celles de 1996 ;
- de 1997 à 2005 : interpolation linéaire entre les données de 1996 et celles de 2006 ;
- en 2006 : les données utilisées sont celles de 2006 ;
- de 2007 à 2011 : interpolation linéaire entre les données de 2006 et celles de 2012 ;
- de 2012 à l'année en cours : les données utilisées sont celles de 2012.

#### *Mode de gestion des déjections*

Des parts de fumier et de lisier ont été affectées à chaque catégorie animale. Ces correspondances sont très simples puisque généralement, une catégorie animale correspond à un effluent. En effet, hormis pour les canards et les oies, toutes les volailles ont été allouées à des systèmes sur fumier.

Pour les canards et les oies, la répartition des effluents entre système fumier et lisier est effectuée à partir des documents du Corpen qui fournissent des excrétions azotées avec une part de lisier et une part de fumier déterminées, pour les années 1996, 2006 et 2012. Ces données sont interpolées de la même manière que les temps d'hébergement (cf. ci-dessus).

Actuellement, les systèmes « fientes » (très fréquents en poules pondeuses) sont assimilés aux systèmes basés sur le fumier, car pour l'instant, aucun facteur d'émission spécifique aux systèmes fiente n'est disponible dans les lignes directrices.

Quantités de paille apportées

Pour les volailles, les quantités de paille apportées ne sont pas comptabilisées.

***Systèmes de gestion des déjections animales - Traitement des données pour les lapines***Temps de présence au bâtiment

Pour les lapines reproductrices, une seule enquête a été réalisée en 1994 [760] mais elle ne fournit pas de durées d'hébergement : les animaux gérés en bâtiment se voient attribuer 100% de leur temps au bâtiment.

Mode de gestion des déjections

Pour les lapines reproductrices, une seule enquête a été réalisée en 1994 [760]. La répartition entre fumier et lisier est maintenue constante, égale à 1994, pour toute la période.

Quantités de paille apportées

Ces quantités ne sont pas comptabilisées faute de données disponibles.

***Systèmes de gestion des déjections animales - Traitement des données pour les cervidés d'élevage***

En Nouvelle-Calédonie, l'élevage des cervidés est considéré comme extensif. Faut de données plus précises, l'hypothèse est faite d'une gestion à 100% à la pâture.

### Annexe 2.3. : Inclusion/exclusion de la fraction condensable dans les facteurs d'émissions des PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> (Table A2.1)

NFR	Source/sector name	PM emissions: the condensable component is			EF reference and comments
		included	excluded	no information	
1A1a	Public electricity and heat production	x	x		<p>Les émissions de TSP proviennent du rapportage GIC (LCP en anglais) qui ne prennent en compte a priori que les particules solides (installations supérieures à 50 MW).</p> <p>Les facteurs d'émissions utilisés par défaut en l'absence d'information pour le gaz naturel et pour le fioul domestique brûlés dans les turbines ou les moteurs proviennent de l'US EPA via le guidebook EMEP et ne prennent pas en compte les condensables (Guidebook 2016 - 1.A.1 Energy industries p.36 - Tier 2 - Table 3-20/1.A.1 Energy industries p.33-34 - Tier 2 - Table 3-18/1.A.1 Energy industries p.18 - Tier 1).</p> <p>Pour la combustion de biomasse pour la production centralisée de chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Source Bois (NAPFUE 111), Installations de puissance supérieure à 20 MW et inférieure à 50 MW : Déclaration annuelles des polluants des ICPE - GEREP : NOT INLCUED</li> <li>- Source Bois (NAPFUE 111), Installations de puissance inférieure à 20 MW : Projet Cortea Acibioqa - Amélioration des connaissances en matière d'impact des chaufferies biomasse sur la qualité de l'air, ADEME : INLCUED</li> </ul>
1A1b	Petroleum refining		x	x	<p>Les facteurs d'émissions du gaz naturel, du GPL, du gaz de raffinerie et du fioul domestique proviennent du guidebook EMEP / EEA : ONLY FILTERABLE</p> <p>Pour le FOL, lorsque des mesures sont faites, les émissions sont réparties via des FE fixes. Lorsque aucune mesure n'est faite les FE sont estimés au prorata du taux de soufre dans le FOL comme indiqué dans le guide du Concawe 1/09 [449]. La prise en compte de la partie condensable des particules dépend alors de la méthode mesure. De manière générale les mesures in situ ne prennent pas en compte les condensables.</p>
1A1c	Manufacture of solid fuels and other energy industries			x	<p>Charbon de bois : Faute de données plus précises sur les facteurs d'émission des TSP (étude Citepa 1986), il est supposé que ces émissions représentent uniquement les filtrables (excluant ainsi toute fraction de condensables).</p> <p>Cokeries minières et sidérurgiques : cf section générale Energie (FE des combustibles)</p>

1A2	Industrie manufacturière			x	Sources fixes : pour les GIC (030101/030102), les émissions de TSP proviennent des déclarations GERE, difficile de savoir si la partie condensable est prise en compte ou non (selon les références mais s'ils utilisent par exemple OMINEA, on retombe sur un cercle vicieux...). Pour avoir les condensables, il faut diluer les gaz d'échappement et les techniques de mesure sont plus complexes et coûteuses, et en plus de ça ils augmenteraient leurs émissions de TSP et paieraient éventuellement plus de taxes (TGAP), du coup je doute que ces émissions soient bien incluses. Pour les FEs TSP/PM des non-GIC, ils proviennent d'EMEP pour les combustibles autres que biomasse et du doc de NA pour la biomasse (cf 1A4ci) : dans chaque cas, il a soit que la fraction filtrable ou aucune précision. Estimation pour les sources mobiles : cf 1A2gvii
1A2a	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Iron and steel		x	x	Le facteur d'émission des PM10 est issu de l'OFFEP [68]. Ce facteur d'émission dépend du type de four utilisé Production de fonte et d'acier : pour l'agglomération de minerai de fer, le facteur d'émission des poussières est issu des déclarations annuelles des émissions des exploitants. L'une des normes de mesure utilisées dans ces déclarations est la Norme NF EN 13284-1, avec piégeage sur filtre de quartz et pesée en laboratoire. La fraction de condensables n'est pas considérée, seule la fraction filtrable l'est. Une étude du LECES [162] est également utilisée pour le FE des poussières en cokerie (avant 1994). Il n'y a pas d'information sur l'inclusion ou non des condensables dans le FE renseigné.
1A2b	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-ferrous metals			x	Production de cuivre : facteurs d'émission provenant de la section Procédé du Guidebook EMEP/EEA [930] faute de données spécifiques dans la partie combustion; AUCUNE PRECISION pour la production de magnésium, plomb, zinc, aluminium secondaire : FE provenant de l'EMEP
1A2c	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Chemicals			x	cf. section 1A2
1A2d	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Pulp, Paper and Print			x	cf. section 1A2
1A2e	Stationary combustion in manufacturing industries and construction:			x	Déshy : Les émissions sont calculées en utilisant les déclarations des exploitants en bottom up. Sans précision de leur part, il est supposé que ces émissions représentent

	Food processing, beverages and tobacco				uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).
1A2f	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-metallic minerals			x	Les émissions sont calculées en utilisant les déclarations des exploitants en bottom up. Sans précision de leur part, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).
1A2gvi i	Mobile Combustion in manufacturing industries and construction	x			Source : FEs EMEP Tier 3 en g/kWh ; pour Tier 1 et 2, il est précisé que les FEs incluent les condensables, on suppose donc que c'est le cas pour le Tier 3 également. De plus, il est dit que les émissions des EMNR sont souvent diluées avant mesure, similairement au transport routier.
1A2gvi ii	Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Other			x	Enrobage : Les émissions de TSP sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717]. D'après l'USIRF [267], le type de dépoussiéreur le plus utilisé depuis 1988 est le filtre à manches. PAS de précision concernant les condensables. Les PM sont calculées au moyen d'une granulométrie fournie par l'étude ASPA [183].
1A3ai(i)	International aviation LTO (civil)			x	
1A3ai(i)	Domestic aviation LTO (civil)			x	
1A3bi	Road transport: Passenger cars	x			Pour les TSP issues de l'échappement : la procédure de mesure réglementée pour la caractérisation de la masse des particules de gaz d'échappement des véhicules exige que les échantillons soient prélevés à une température inférieure à 52 ° C. À cette température, les particules contiennent une grande fraction d'espèces condensables. Par conséquent, les facteurs d'émission en masse de particules pour la combustion sont considérés comme comprenant à la fois des matières filtrables et condensables.
1A3bii	Road transport: Light duty vehicles	x			
1A3biii	Road transport: Heavy duty vehicles and buses	x			
1A3biv	Road transport: Mopeds & motorcycles	x			
1A3bv	Road transport: Gasoline evaporation				NA
1A3bvi	Road transport: Automobile tyre and brake wear			x	Le guidebook [904] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.
1A3bvi i	Road transport: Automobile road abrasion			x	Le guidebook [904] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.
1A3c	Railways			x	Pour la combustion, le guidebook [915] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables. Pour l'abrasion des freins, rails, roues, R. Ballaman [181] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

1A3di(i)	International inland waterways			x	Le guidebook [904] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.
1A3dii	National navigation (shipping)			x	Le guidebook [904] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.
1A3ei	Pipeline transport				idem 1A4 (small combustion)
1A3eii	Other				NO
1A4ai	Commercial/institutional: Stationary	x	x	x	Sources des facteurs d'émission des PM : - SNAP 020101 & 020102 données via GIC - Charbon (NAPFUE 102/104) & SNAP 020103 : <i>Guidebook EMEP/EEA 2016 1A4 Small combustion Table 3.23</i> : ONLY FILTERABLE. - Fioul lourd (NAPFUE 203) & SNAP 020103 : <i>Guidebook EMEP/EEA 2016 1A4 Small combustion Table 3.25</i> : AUCUNE PRECISION - Fioul domestique, kérosène, gazole (NAPFUE 204/206/205/25B) & SNAP 020103 : <i>Guidebook EMEP/EEA 2016 1A4 Small combustion Table 3.24</i> : AUCUNE PRECISION - Gaz naturel, GPL (NAPFUE 301/303/309/314) & SNAP 020103 : <i>Guidebook EMEP/EEA 2016 1A1 Energy industries Table 3-4</i> : ONLY FILTERABLE - Bois (NAPFUE 111) : <i>Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France N. Allemand mars 2003 - code Citepa 511</i> : AUCUNE PRECISION - Installation de puissance inférieure à 20 MW : Bois (NAPFUE 111) : Projet Cortea Acibioqa - Amélioration des connaissances en matière d'impact des chaufferies biomasse sur la qualité de l'air, ADEME : INLCUDED
1A4aaii	Commercial/institutional: Mobile				IE. (en 1A4ai)
1A4bi	Residential: Stationary	x	x		Sources : - Charbon (NAPFUE 102/104) & SNAP 020202 : <i>Guidebook EMEP/EEA 2019 1A4 Small combustion Table 3.15</i> : ONLY FILTERABLE. - Fioul domestique, kérosène, gazole (NAPFUE 204/206/205/25B) & SNAP 020202 : <i>Guidebook EMEP/EEA 2019 1A4 Small combustion Table 3.18</i> : ONLY FILTERABLE. - Gaz naturel, GPL (NAPFUE 301/303/309/314) & SNAP 020202 : <i>Guidebook EMEP/EEA 2019 1A1 Energy industries Table 3-4</i> : ONLY FILTERABLE - Bois (NAPFUE 111) & SNAP 020202 : EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1-a-4-small-combustion - Tables 3.39 à 3.44 et "Réévaluation des facteurs d'émission des particules totales (solide et condensable) du chauffage domestique au bois, impacts sur les inventaires d'émission", Ineris & Citepa, 2022 - 206576 - 2740861 - v2.0 : INCLUDED



1A4bii	Residential: Household and gardening (mobile)			x	Sources : - NAPFUE 205/25B : <i>Guidebook on the estimation of the Emissions of 'Other Mobile Sources and Machinery' subparts</i> , Z. Samaras, Sept 94 (Page 28 - Table 8-1) : AUCUNE PRECISION - NAPFUE 208/28B : <i>OFEFP (jan 2001), Mesures pour la réduction des émissions de PM10, rapport EWE p 103, véhicules 4 tps (E4), FE de 1333 g/t pour les PM10 avec PCI essence</i>
1A4ci	Agriculture/Forestry/Fishing: Stationary		x (principal ement)	x	Sources : - charbon : Table 3-23 1A4 small combustion : only filterable - gaz nat./GPL : Table 3-4 1A1 (1A1a) : only filterable (condensable available in US EPA) - fioul lourd : Table 3-25 1A4 small comb. (cf. EMEP 2006) --> Caserini (2004) private communication : aucune précision - biomasse : étude NA bois 2003 : aucune précision
1A4cii	Agriculture/Forestry/Fishing: Off-road vehicles and other machinery			x	Sources : Guidebook on the estimation of the Emissions of 'Other Mobile Sources and Machinery' subparts, Z. Samaras, Sept 94 : aucune précision sur références pour valeurs Fes
1A4ciii	Agriculture/Forestry/Fishing: National fishing			x	Le guidebook [904] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.
1A5a	Other stationary (including military)			x	
1B1a	Fugitive emission from solid fuels: Coal mining and handling			x	Pas d'info sur la prise en compte des condensables dans les références
1B1b	Fugitive emission from solid fuels: Solid fuel transformation			x	Une étude du LECES [162] est utilisée pour le FE des poussières en cokerie (avant 1994). Il n'y a pas d'information sur l'inclusion ou non des condensables dans le FE renseigné. Les déclarations annuelles des sites [19] et les données communiquées par la fédération professionnelle du secteur de la sidérurgie [27] permettent de calculer un facteur d'émission par année à partir de 2006. L'une des normes de mesure utilisée dans ces déclarations est la Norme NF EN 13284-1, avec piégeage sur filtre de quartz et pesée en laboratoire. La fraction de condensables n'est pas considérée, seule la fraction filtrable l'est.
1B2ai	Fugitive emissions oil: Exploration, production, transport			x	Pas d'info sur la prise en compte des condensables dans les références
1B2aiv	Fugitive emissions oil: Refining / storage			x	Seul le SNAP 040102 est concerné par les émissions de particules. Les émissions sont mesurées par les exploitants. Un facteur d'émissions moyen est calculé pour le site à partir des mesures pour les années où les mesures ne sont pas connues. Pour les

					sites sans mesures, un FE moyen est calculé à partir des autres sites. La prise en compte de la partie condensable des particules dépend alors de la méthode mesure. De manière générale les mesures in situ ne prennent pas en compte les condensables.
1B2av	Distribution of oil products			x	Pas concerné, l'unique substance étant le COVNM pour ce secteur
1B2b	Fugitive emissions from natural gas (exploration, production, processing, transmission, storage, distribution and other)			x	Dans le cas des stations de compression le FE vient du guide EMEP, dans lequel il est précisé : "The TSP, PM10 and PM2.5 emission factors have been reviewed and it is unclear whether they represent filterable PM or total PM (filterable and condensable) emissions". Pour la SNAP 090206 les FE viennent des déclarations GERE, à travers lesquelles il n'est pas possible de distinguer la part de condensables.
1B2c	Venting and flaring (oil, gas, combined oil and gas)		x		SNAP 090206 : "CONCAWE - Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries - 2015 edition" : ONLY FILTERABLE -> "Emission factors derived from US EPA reference sources are for 'filterable' particulate matter i.e. collected on or prior to a filter of an EPA Method 5 (or equivalent) sampling train. "
2A	Produits minéraux			x	Les émissions venant de la combustion sont comptabilisées dans la section 1A2f, tandis que les émissions relevant de la manipulation des matières premières sont rapportées dans le secteur 2A5c.
2A1	Cement production				IE
2A2	Lime production				IE
2A3	Glass production				IE
2A5a	Quarrying and mining of minerals other than coal			x	La méthodologie utilisée est celle du guidebook EMEP 2019, adaptée de la méthode AP-42. Il n'est pas fait mention de fraction condensable ou uniquement filtrable dans le guide EMEP. Dans le guide AP-42, seule une précision est donnée pour les FE de la source d'émission "material processing", qui est indiquée comme seulement filtrable (condensable non inclus). Pour les autres sources, aucune mention n'est faite. Cependant, je serais surpris que la fraction condensable (mesure après dilution des gaz) soit incluse pour des mesures des émissions diffuses.
2A5b	Construction and demolition			x	
2A5c	Storage, handling and transport of mineral products			x	Les émissions de TSP, PM10 et PM2,5 sont estimées au moyen de facteurs d'émission par défaut provenant du GB EMEP 2016. Pas d'information sur l'inclusion ou non des condensables.
2A6	Other mineral products				NA
2B1	Ammonia production				NE

2B2	Nitric acid production				NE
2B3	Adipic acid production				NE
2B5	Carbide production				NE
2B6	Titanium dioxide production			x	Les émissions de PM10 et PM2.5 sont estimées au moyen de facteurs d'émission par défaut provenant de la littérature [183].
2B7	Soda ash production			x	
2B10a	Chemical industry: Other			x	
2C1	Iron and steel production		x	x	Coulée des hauts-fourneaux, convertisseurs à oxygène et aciéries électriques : le FE est issu des déclarations annuelles des émissions des exploitants. L'une des normes de mesure utilisée dans ces déclarations est la Norme NF EN 13284-1, avec piégeage sur filtre de quartz et pesée en laboratoire. La fraction de condensables n'est pas considérée, seule la fraction filtrable l'est. Laminage à chaud et à froid : Les facteurs d'émission proviennent de l'INESTENE [154] : un facteur d'émission pour le laminage à froid et un facteur d'émission pour le laminage à chaud. Il n'y a pas d'indication sur l'inclusion ou non des condensables dans ce facteur d'émission.
2C2	Ferroalloys production			x	Les émissions de PM10 et PM2.5 sont calculées à partir du facteur d'émission moyen de TSP (calculé à partir des mesures disponibles depuis 2005 sur les deux sites existants) et de la granulométrie fournie dans le guide EMEP/EEA.
2C3	Aluminium production			x	Les émissions de PM10 et PM2.5 sont estimées à partir de communications avec la profession [1990-1998] et des déclarations annuelles de rejets [à partir de 2002] de TSP, et de la granulométrie fournie dans le guide EMEP/EEA.
2C4	Magnesium production				IE
2C5	Lead production				NO
2C6	Zinc production			x	IE
2C7a	Copper production				IE
2C7b	Nickel production			x	Les émissions de PM10 et PM2.5 sont estimées à partir des émissions de TSP (calculées sur la base d'un facteur d'émission moyen issu de la littérature, des déclarations annuelles de rejets, et de facteurs d'émissions fixes basés sur des données locales sur la Nlle-Calédonie), et de la granulométrie fournie dans le guide EMEP/EEA 2019.
2C7c	Other metal production			x	Broyage de batteries (les émissions de la production de plomb sont incluses en 1.A.2.b) - Les émissions de PM10 et PM2,5 sont déterminées à partir des

					émissions de TSP (basées sur les déclarations annuelles de rejet ou la corrélation avec l'évolution des émissions de plomb) et de ratios granulométriques calculés à partir de la section 2C, du Guidebook EMEP/EEA 2019, relative à la production du plomb.
2C7d	Storage, handling and transport of metal products				IE
2D3a	Domestic solvent use including fungicides				NA
2D3b	road paving with asphalt				IE
2D3c	Asphalt roofing	x			Les facteurs d'émission des TSP, PM10 et PM2.5 proviennent de la section 2.D.3.c Asphalt roofing du GB EMEP 2019. Le FE TSP ne concerne que les PM filtrables. Suite à l'étude des 2 références du document, les FE des PM10 et PM2.5 n'ont pas été retrouvés: potentiellement dû à la faible précision des valeurs - 2 chiffres significatifs- ou du facteur de conversion proposé de 0.5 pour le passage lb/ton à kg/Mg. Dans le document, il est toutefois notable que les FE PM condensables + filtrables sont égaux aux FE filtrables (dû aux arrondis).
2D3d	Coating applications				NA
2D3e	Degreasing				NE
2D3f	Dry cleaning				NE
2D3g	Chemical products				NE
2D3h	Printing				NE
2D3i	Other solvent use				NE
2G	Other product use			x	FE des PM extraits de l'OFEFP et étude INTERREG : pas de condensables à priori
2H1	Pulp and paper industry				NA
2H2	Food and beverages industry			x	Pour les production agroalimentaires, les FE des TSP extraits de l'OFEFP : pas d'information sur l'inclusion ou non de condensables. Pour la manutention de céréales, le FE PM10 et PM2,5 sont issus de mesures INERIS (projet CORTEA EMICER) : pas d'info sur la méthode de mesure donc pas d'info sur l'inclusion ou non des condensables.
2H3	Other industrial processes			x	Accumulateurs : Ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables)
2I	Wood processing			x	Pas d'information
2J	Production de POP				NO
2K	Consumption of POPs and heavy metals (e.g. electrical				NO

	and scientific equipment))				
2L	Autres productions, consommation ou stockage				NA
2L	Other production, consumption, storage, transportation or handling of bulk products)				NA
3	Agriculture			x	Secteur agriculture : les facteurs d'émission des PM pour l'élevage et les cultures sont extraits de EMEP : pas de prise en compte des PM condensables à priori
3B	Manure management			x	
3B1a	Manure management - Dairy cattle			x	
3B1b	Manure management - Non-dairy cattle			x	
3B2	Manure management - Sheep			x	
3B3	Manure management - Swine			x	
3B4a	Manure management - Buffalo				
3B4d	Manure management - Goats			x	Secteur agriculture : les facteurs d'émission des PM pour l'élevage et les cultures sont extraits de EMEP : pas de prise en compte des PM condensables à priori
3B4e	Manure management - Horses			x	
3B4f	Manure management - Mules and asses			x	
3B4gi	Manure mangement - Laying hens			x	
3B4gii	Manure mangement - Broilers			x	
3B4giii	Manure mangement - Turkeys			x	
3B4giv	Manure management - Other poultry)			x	
3B4h	Manure management - Other animals)			x	
3D	Manure management			x	
3Da1	Inorganic N-fertilizers (includes also urea application)				NE
3Da2a	Animal manure applied to soils				NE
3Da2b	Sewage sludge applied to soils				NE

3Da2c	Other organic fertilisers applied to soils (including compost))				NE
3Da3	Urine and dung deposited by grazing animals				NE
3Da4	Crop residues applied to soils				NA
3Db	Indirect emissions from managed soils				NA
3Dc	Farm-level agricultural operations including storage, handling and transport of agricultural products			x	Secteur agriculture : les facteurs d'émission des PM pour l'élevage et les cultures sont extraits de EMEP : pas de prise en compte des PM condensables à priori
3Dd	Off-farm storage, handling and transport of bulk agricultural products				IE
3De	Cultivated crops				NA
3Df	Use of pesticides				NA
3F	Field burning of agricultural residues			x	Secteur agriculture : les facteurs d'émission des PM pour l'élevage et les cultures sont extraits de EMEP : pas de prise en compte des PM condensables à priori
3I	Agriculture other				NA
5	Déchets				
5A	Biological treatment of waste - Solid waste disposal on land			x	FE PM issus de EMEP => pas d'info sur la prise en compte des condensables
5B1	Biological treatment of waste - Composting				NE
5B2	Biological treatment of waste - Anaerobic digestion at biogas facilities				NA
5C1a	Municipal waste incineration			x	FE PM issus de mesures => pas d'info sur la prise en compte des condensables
5C1bi	Industrial waste incineration				IE
5C1bii	Hazardous waste incineration			x	FE PM issus de mesures => pas d'info sur la prise en compte des condensables
5C1biii	Clinical waste incineration			x	FE PM issus de mesures => pas d'info sur la prise en compte des condensables
5C1biv	Sewage sludge incineration			x	
5C1bv	Cremation			x	FE PM issus de mesures => pas d'info sur la prise en compte des condensables
5C1bvi	Other waste incineration				NO

5C2	Open burning of waste			x	
5D1	Domestic wastewater handling				NE
5D2	Industrial wastewater handling				NE
5E	Other waste			x	FE PM issus de EMEP => pas d'info sur la prise en compte des condensables

## Annexe 3 - Description détaillée de l'emploi des clés de notation NE (non estimé) et IE (inclus ailleurs) et de l'exclusion d'éventuelles sources d'émission

---

*Annex 3 - Detailed description of NE, IE and other excluded emission sources*

L'ensemble de ces informations est inclus dans le corps du texte au paragraphe 1.8



## Annexe 4 - Informations complémentaires sur le bilan énergétique national

---

### *Annex 4 - Additional data on the national energy balance*

Toutes les informations sur le bilan énergétique national sont actuellement comprises dans le document méthodologique OMINEA et dans le chapitre 3 Energie de ce rapport.

## Annexe 5 - Liste détaillée des modifications depuis la précédente édition

---

### *Annex 5 - Detailed list of changes since the previous submission*

Les tableaux qui suivent, précisent la nature et l'importance des principales modifications introduites dans l'inventaire depuis la précédente édition d'inventaire. Les modifications sont présentées par grand secteur NFR pour les années 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2019, 2020 et 2021.

Les tableaux suivants sont organisés selon les catégories NFR et fournissent la nature de la modification, les principales substances visées par ces modifications ainsi que les écarts correspondants (en masse et en pourcentage).

NOx	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	1 964	1 788	1 614	1 400	1 067	862,95	577,71	599,57	
Nouveau	kt	1 959	1 782	1 614	1 424	1 064	850,47	562,29	589,57	551,87
Différence	kt	-5	-6	+0,059	+24	-3	-12	-15	-10	
	%	-0,3%	-0,3%	+0,0%	+1,7%	-0,3%	-1,4%	-2,7%	-1,7%	

NM VOC	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	1727	1392	1029	789	574	369	266	281	
Nouveau	kt	1722	1388	1032	811	579	379	260	273	236
Différence	kt	-5	-4	+3	+22	+6	+10	-6	-8	
	%	-0%	-0%	+0%	+3%	+1%	+3%	-2%	-3%	

SOx	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	1248	912	589	439	258	138	79	79	
Nouveau	kt	1254	910	589	439	260	138	81	92	80
Différence	kt	+	-2	-0	-0	+1	+0	+2	+13	
	%	+0%	-0%	-0%	-0%	+0%	+0%	+2%	+17%	

NH3	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	26	29	31	31	29	22	20	22	
Nouveau	kt	26	29	31	30	30	23	20	22	20
Différence	kt	-0	-0	-0	-0	+0	+0	-0	+0	
	%	-0%	-0%	-1%	-1%	+0%	+2%	-0%	+1%	

CO	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	9812	7758	5774	4593	3558	2536	2049	2240	
Nouveau	kt	9813	7773	5842	4711	3625	2635	2049	2220	2025
Différence	kt	+2	+15	+68	+118	+67	+99	+1	-20	
	%	+0%	+0%	+1%	+3%	+2%	+4%	+0%	-1%	

PM25	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	412,9	393,1	325,5	290,3	252,0	181,5	137,7	150,5	
Nouveau	kt	413,2	394,0	326,1	291,7	252,8	183,9	136,8	150,4	129,2
Différence	kt	+0	+1	+1	+1	+1	+2	-1	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+1%	-1%	-0%	

PM10	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	446,2	422,5	349,1	312,0	270,1	196,4	149,8	163,7	
Nouveau	kt	447,4	424,3	350,5	314,5	272,2	200,0	149,9	164,5	143,2
Différence	kt	+1	+2	+1	+2	+2	+4	+0	+1	
	%	+0%	+0%	+0%	+1%	+1%	+2%	+0%	+0%	

TSP	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	485,6	460,0	382,6	344,1	298,4	220,0	169,3	185,5	
Nouveau	kt	486,8	461,7	384,0	346,8	300,7	223,8	169,2	186,2	164,3
Différence	kt	+1	+2	+1	+3	+2	+4	-0	+1	
	%	+0%	+0%	+0%	+1%	+1%	+2%	-0%	+0%	

BC	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	77,63	83,62	73,02	62,80	53,53	38,31	25,27	27,15	
Nouveau	kt	77,79	84,02	73,28	63,32	53,59	38,59	25,02	27,10	23,99
Différence	kt	+0	+0	+0	+1	+0	+0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+1%	+0%	+1%	-1%	-0%	

Pb	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	4192	1386	208	138	108	82	70	78	
Nouveau	t	4198	1394	216	148	120	93	79	85	81
Différence	t	+6	+8	+8	+10	+12	+11	+9	+7	
	%	+0%	+1%	+4%	+7%	+11%	+13%	+13%	+10%	

Cd	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	11	10	7	5	2	2	2	2	
Nouveau	t	11	10	7	5	2	2	2	2	2
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	
	%	+0%	+0%	+0%	+1%	+2%	+3%	+2%	+3%	

Hg	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	16	14	9	5	3	2	2	2	
Nouveau	t	16	14	9	5	3	2	2	2	2
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+1%	+1%	+4%	

As	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	15	16	14	12	8	6	5	5	
Nouveau	t	15	16	14	12	8	6	5	5	5
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	
	%	+1%	+1%	+1%	+1%	+2%	+3%	+2%	+2%	

Cr	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	45	43	39	46	36	29	26	27	
Nouveau	t	47	46	42	49	40	33	29	29	28
Différence	t	+2	+2	+2	+3	+4	+3	+3	+2	
	%	+4%	+5%	+6%	+7%	+11%	+12%	+10%	+7%	

<b>Cu</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	195	194	202	213	216	214	172	183	
Nouveau	t	223	228	237	260	274	267	221	225	238
Différence	t	+29	+34	+35	+47	+58	+53	+50	+42	
	%	+15%	+17%	+17%	+22%	+27%	+25%	+29%	+23%	

<b>Ni</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	224	194	155	131	83	33	15	18	
Nouveau	t	228	193	155	132	85	34	16	16	17
Différence	t	+4	-0	+1	+1	+2	+1	+1	-1	
	%	+2%	-0%	+0%	+1%	+3%	+3%	+8%	-8%	

<b>Se</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	12	12	12	12	10	10	8	9	
Nouveau	t	12	12	12	12	10	10	8	9	9
Différence	t	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-1%	-2%	-2%	

<b>Zn</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	635	488	379	316	317	296	267	289	
Nouveau	t	640	496	388	328	332	309	276	297	283
Différence	t	+5	+8	+9	+12	+16	+13	+9	+8	
	%	+1%	+2%	+2%	+4%	+5%	+4%	+3%	+3%	

<b>PCDD-F</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	g I-TEQ	1258	1325	393	178	103	83	55	59	
Nouveau	g I-TEQ	1258	1325	393	178	104	84	55	59	56
Différence	g I-TEQ	+0	+0	+0	+0	+0	+1	-0	+0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+1%	-0%	+0%	

<b>BaP</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	12	11	9	9	10	9	9	10	
Nouveau	t	12	11	9	9	10	9	9	10	9
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+2%	-0%	-1%	

<b>BbF</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	14	12	11	11	11	11	10	11	
Nouveau	t	14	12	11	11	11	11	10	11	10
Différence	t	-0	-0	-0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	-0%	-0%	-0%	+0%	+0%	+1%	-0%	-1%	

## NFR 1

BkF	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	9	8	7	7	7	7	6	7	
Nouveau	t	9	8	7	7	7	7	6	7	6
Différence	t	-0	-0	-0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	-0%	-0%	-0%	+0%	+0%	+1%	-0%	-1%	

IndPy	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	7	7	6	6	6	6	5	6	
Nouveau	t	7	7	6	6	6	6	5	6	6
Différence	t	-0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	-0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+2%	-0%	-1%	

HCB	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kg	1140	16	6	4	4	4	4	4	
Nouveau	kg	1140	16	6	4	4	4	4	4	4
Différence	kg	-0	-0	+0	-0	-0	+0	-0	+0	
	%	-0%	-0%	+0%	-0%	-0%	+0%	-0%	+11%	

PCBs	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kg	64	54	47	44	38	27	20	24	
Nouveau	kg	65	54	47	44	38	28	20	24	22
Différence	kg	+0	-0	-0	+0	+0	+0	+0	+0	
	%	+1%	-0%	-0%	+0%	+1%	+1%	+0%	+1%	

NOx	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+25,30	+15,83	+15,28	+13,00	+7,84	+7,51	+6,33	+6,64	
Nouveau	kt	+25,86	+16,48	+16,00	+13,92	+8,39	+8,11	+6,57	+6,96	+5,25
Différence	kt	1	1	1	1	1	1	0	0	
	%	+2,2%	+4,1%	+4,7%	+7,1%	+7,1%	+8,0%	+3,8%	+4,8%	

NM VOC	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+759,69	+679,81	+681,73	+567,93	+471,58	+403,81	+428,99	+472,92	
Nouveau	kt	+754,24	+674,47	+676,50	+555,02	+456,14	+387,61	+391,77	+396,21	+400,29
Différence	kt	-5	-5	-5	-13	-15	-16	-37	-77	
	%	-0,7%	-0,8%	-0,8%	-2,3%	-3,3%	-4,0%	-8,7%	-16,2%	

SOx	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+34,88	+23,47	+25,68	+18,09	+10,37	+11,13	+8,91	+9,65	
Nouveau	kt	+34,88	+23,47	+25,68	+18,09	+10,36	+11,13	+8,91	+9,65	+8,13
Différence	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	-0,1%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	

NH3	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+8,33	+7,67	+6,80	+5,69	+3,68	+4,37	+3,87	+3,10	
Nouveau	kt	+8,35	+7,68	+6,81	+5,69	+3,69	+4,38	+3,90	+3,26	+4,09
Différence	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	+0,2%	+0,2%	+0,2%	-0,1%	+0,3%	+0,3%	+0,7%	+5,1%	

CO	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+788,08	#####	+819,25	#####	#####	+419,77	+348,36	+389,02	
Nouveau	kt	+787,74	#####	+818,94	#####	#####	+419,63	+347,85	+388,38	+355,70
Différence	kt	0	0	0	0	0	0	-1	-1	
	%	-0,0%	-0,0%	-0,0%	+0,0%	-0,0%	-0,0%	-0,1%	-0,2%	

PM2.5	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+26,96	+22,16	+22,02	+18,10	+14,43	+12,92	+11,71	+13,08	
Nouveau	kt	+31,10	+26,74	+27,04	+23,76	+21,61	+20,36	+18,83	+20,06	+19,83
Différence	kt	4	5	5	6	7	7	7	7	
	%	+15,4%	+20,6%	+22,8%	+31,2%	+49,8%	+57,5%	+60,8%	+53,3%	

PM10	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+75,42	+62,76	+61,99	+52,35	+41,48	+37,77	+35,17	+39,90	
Nouveau	kt	+81,33	+69,33	+68,82	+60,27	+51,16	+47,89	+44,53	+49,01	+48,63
Différence	kt	6	7	7	8	10	10	9	9	
	%	+7,8%	+10,5%	+11,0%	+15,1%	+23,3%	+26,8%	+26,6%	+22,8%	

TSP	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+288,38	+252,26	+259,49	+232,44	+184,31	+169,78	+163,65	+184,79	
Nouveau	kt	+290,06	+254,34	+259,69	+234,18	+184,72	+170,89	+161,52	+183,31	+183,72
Différence	kt	2	2	0	2	0	1	-2	-1	
	%	+0,6%	+0,8%	+0,1%	+0,7%	+0,2%	+0,7%	-1,3%	-0,8%	

BC	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	+0,14	+0,13	+0,13	+0,11	+0,09	+0,06	+0,04	+0,04	
Nouveau	kt	+0,14	+0,13	+0,13	+0,11	+0,09	+0,07	+0,05	+0,04	+0,05
Différence	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	+0,3%	+1,2%	+1,0%	+2,4%	+2,1%	+2,2%	+9,2%	+7,0%	

Pb	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+49,93	+35,45	+43,47	+20,02	+9,78	+6,32	+4,10	+3,48	
Nouveau	t	+49,93	+35,45	+43,47	+20,02	+9,53	+6,32	+4,10	+3,48	+4,11
Différence	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	-0,0%	-0,0%	-0,0%	-0,0%	-2,5%	+0,0%	-0,0%	-0,0%	

Cd	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+4,60	+4,73	+5,41	+0,99	+0,54	+0,52	+0,46	+0,50	
Nouveau	t	+4,60	+4,73	+5,41	+0,99	+0,53	+0,52	+0,45	+0,50	+0,70
Différence	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	-0,0%	-0,0%	-0,0%	+0,3%	-0,4%	+0,3%	-1,1%	-0,7%	

Hg	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+4,06	+3,05	+2,07	+1,90	+1,15	+1,20	+0,30	+0,33	
Nouveau	t	+4,05	+3,04	+2,07	+1,88	+1,16	+1,23	+0,45	+0,49	+0,31
Différence	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-1,2%	+0,4%	+2,2%	+49,4%	+49,9%	

As	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+2,16	+1,29	+1,10	+0,36	+0,19	+0,10	+0,08	+0,10	
Nouveau	t	+2,16	+1,29	+1,10	+0,36	+0,19	+0,10	+0,08	+0,10	+0,09
Différence	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	-1,8%	+0,0%	+0,0%	-0,0%	

Cr	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+351,16	+151,45	+72,21	+12,13	+6,07	+4,41	+3,50	+2,58	
Nouveau	t	+351,15	+151,45	+72,20	+12,14	+5,90	+4,42	+3,48	+2,57	+3,39
Différence	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	-0,0%	-0,0%	-0,0%	+0,1%	-2,7%	+0,2%	-0,6%	-0,5%	



<b>Cu</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+54,68	+55,45	+58,83	+63,90	+62,72	+66,37	+58,16	+63,51	
Nouveau	t	+54,68	+55,55	+58,79	+64,50	+63,13	+66,79	+57,39	+63,06	+71,67
Différence	t	0	0	0	1	0	0	-1	0	
	%	+0,0%	+0,2%	-0,1%	+0,9%	+0,6%	+0,6%	-1,3%	-0,7%	

<b>Ni</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+58,26	+17,59	+20,63	+14,23	+4,31	+6,92	+4,11	+3,71	
Nouveau	t	+58,35	+17,68	+20,71	+14,31	+4,35	+6,99	+4,12	+3,73	+4,28
Différence	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	+0,2%	+0,5%	+0,4%	+0,6%	+0,9%	+1,0%	+0,2%	+0,5%	

<b>Se</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+0,39	+0,41	+0,44	+0,43	+0,43	+0,46	+0,39	+0,44	
Nouveau	t	+0,39	+0,41	+0,44	+0,43	+0,44	+0,46	+0,38	+0,44	+0,48
Différence	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	-0,3%	-0,1%	-0,3%	+0,6%	+0,4%	+0,4%	-1,3%	-0,7%	

<b>Zn</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+1 349,42	+719,92	+461,04	+125,11	+74,34	+67,49	+48,51	+54,94	
Nouveau	t	+1 349,40	+719,95	+460,99	+125,44	+73,08	+67,72	+48,06	+54,67	+57,95
Différence	t	0	0	0	0	-1	0	0	0	
	%	-0,0%	+0,0%	-0,0%	+0,3%	-1,7%	+0,3%	-0,9%	-0,5%	

<b>PCDD-F</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	g l- TEQ	+30,49	+25,77	+13,72	+14,92	+5,87	+2,86	+2,52	+3,10	
Nouveau	g l- TEQ	+30,49	+25,77	+13,72	+14,92	+5,73	+2,87	+2,57	+3,21	+3,81
Différence	g l- TEQ	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	-2,4%	+0,4%	+1,8%	+3,5%	

<b>BaP</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+0,07	+0,07	+0,07	+0,07	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	
Nouveau	t	+0,07	+0,07	+0,07	+0,07	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06	+0,06
Différence	t	0	3,0E-05	2,7E-05	3,9E-05	6,4E-05	6,1E-05	-1,1E-04	#####	
	%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,1%	+0,1%	+0,1%	-0,2%	-0,2%	

<b>BbF</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01	
Nouveau	t	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
Différence	t	8,8E-06	2,1E-05	1,4E-05	3,5E-05	5,4E-05	4,5E-05	-7,3E-05	-7,0E-05	
	%	+0,0%	+0,1%	+0,1%	+0,2%	+0,4%	+0,3%	-0,5%	-0,5%	

BkF	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+0,13	+0,14	+0,17	+0,17	+0,14	+0,16	+0,16	+0,16	
Nouveau	t	+0,13	+0,14	+0,17	+0,17	+0,14	+0,16	+0,16	+0,16	+0,15
Différence	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
	%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	-0,1%	-0,0%	

IndPy	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	
Nouveau	t	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
Différence	t	1,5E-05	2,6E-05	2,6E-05	5,2E-05	6,0E-05	5,7E-05	-5,3E-05	-5,3E-05	
	%	+0,1%	+0,2%	+0,2%	+0,4%	+0,6%	+0,6%	-0,6%	-0,6%	

HCB	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kg	+1,60	+1,54	+1,63	+1,78	+1,85	+1,84	+1,12	+1,56	
Nouveau	kg	+1,60	+1,54	+1,63	+1,78	+1,85	+1,84	+1,12	+1,56	+1,22
Différence	kg	2,1E-05	1,8E-05	1,7E-05	8,2E-06	9,6E-06	9,0E-06	8,3E-06	6,2E-06	
	%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	

PCBs	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kg	+13,62	+16,35	+21,15	+18,27	+14,93	+12,75	+9,29	+11,51	
Nouveau	kg	+13,62	+16,35	+21,15	+18,27	+14,32	+12,75	+9,29	+11,51	+9,99
Différence	kg	8,4E-05	7,4E-05	6,9E-05	3,4E-05	-6,1E-01	3,7E-05	3,4E-05	2,5E-05	
	%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	-4,1%	+0,0%	+0,0%	+0,0%	

NOx	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	186	171	181	170	158	162	150	147	
Nouveau	kt	185	170	181	169	157	160	148	145	138
Différence	kt	-	-0,50	-0,63	-0,70	-1,37	-1,46	-1,56	-1,40	
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-1%	-1%	-1%	-1%	

NMVOc	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	431	434	426	413	406	425	417	395	
Nouveau	kt	434	437	429	415	408	424	417	395	418
Différence	kt	3	+3	+3	+2	+2	-1	-0	-0	
	%	+1%	+1%	+1%	+0%	+0%	-0%	-0%	-0%	

SOx	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	kt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	kt	-	-0	-0	+0	-0	-0	-0	#####	
	%	-1%	-1%	-0%	+1%	-2%	-4%	-8%	-7%	

NH3	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	640	618	629	588	569	570	529	514	
Nouveau	kt	636	616	626	585	563	562	519	507	486
Différence	kt	-4	-2	-3	-2	-6	-9	-9	-7	
	%	-1%	-0%	-1%	-0%	-1%	-2%	-2%	-1%	

CO	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	83	81	87	62	53	39	30	31	
Nouveau	kt	81	79	86	61	51	37	26	27	27
Différence	kt	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-3	
	%	-2%	-2%	-1%	-1%	-3%	-6%	-11%	-11%	

PM2.5	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	11,9	11,8	12,5	10,4	9,7	8,8	8,0	8,3	
Nouveau	kt	11,8	11,7	12,5	10,3	9,6	8,7	7,8	8,1	7,8
Différence	kt	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	
	%	-1%	-1%	-0%	-0%	-1%	-2%	-2%	-2%	

PM10	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	50,1	49,8	53,3	50,1	49,7	50,4	48,0	49,1	
Nouveau	kt	50,0	49,8	53,3	50,1	49,6	50,2	48,1	49,4	47,7
Différence	kt	-0	-0	-0	-0	-0	-0	+0	+0	
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	+0%	+1%	

TSP	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	456,9	423,5	444,6	437,8	445,3	458,5	439,9	438,8	
Nouveau	kt	456,9	423,4	444,6	437,7	445,2	458,3	439,9	442,7	435,6
Différence	kt	-0	-0	-0	-0	-0	-0	+0	+4	
	%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	+0%	+1%	

BC	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	1,96	1,90	1,94	1,73	1,32	0,96	0,73	0,74	
Nouveau	kt	1,89	1,84	1,88	1,68	1,25	0,87	0,59	0,60	0,60
Différence	kt	-0	-0	0,05589	-0	-0	-0	-0	-0	
	%	-3%	-3%	-3%	-3%	-5%	-9%	-19%	-19%	

Pb	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	
	%	-4%	-4%	-3%	-3%	-5%	-10%	-20%	-21%	

Cd	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	1	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	-0	-0	-0	-0	
	%	+0%	+1%	+1%	+3%	-1%	-1%	-2%	-2%	

Hg	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	-0	+0	+0	+0	
	%	+1%	+1%	+1%	+4%	-0%	+0%	+0%	+0%	

As	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	
	%	-3%	-3%	-2%	-2%	-3%	-7%	-13%	-14%	

Cr	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	-0	-0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+2%	-1%	-1%	-2%	-2%	

Cu	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
----	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	
	%	-3%	-2%	-2%	-2%	-4%	-8%	-15%	-16%	

Ni	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	-0	+0	+0	+0	
	%	+1%	+1%	+1%	+4%	-0%	+0%	+0%	+0%	

Se	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-0	
	%	-2%	-2%	-1%	-2%	-3%	-6%	-11%	-12%	

Zn	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	11	11	11	11	8	6	4	4	
Nouveau	t	11	11	11	10	7	5	3	3	3
Différence	t	-0	-0	-0	-0	-0	-1	-1	-1	
	%	-4%	-4%	-4%	-4%	-5%	-11%	-22%	-23%	

PCDD-F	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	g l- TEQ	6	6	6	6	4	3	2	2	
Nouveau	g l- TEQ	6	6	6	6	4	3	2	2	2
Différence	g l- TEQ	-0	-0	-0	-0	-0	-0	-1	-1	
	%	-4%	-4%	-4%	-4%	-5%	-11%	-22%	-23%	

BaP	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	1	1	1	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	-0	+0	+0	+0	
	%	+0%	+0%	+0%	+1%	-0%	+1%	+0%	+0%	

BbF	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	1	1	1	1	0	0	0	0	
Nouveau	t	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	-0	+0	+0	+0	
	%	+0%	+1%	+1%	+2%	-0%	+0%	+0%	+0%	

BkF	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	-0	-0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+2%	-0%	-0%	-1%	-1%	

IndPy	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	
	%	+0%	+1%	+1%	+2%	+0%	+1%	+0%	+0%	

HCB	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kg	0	0	0	0	13	16	9	9	
Nouveau	kg	438	397	53	13	51	63	27	10	0
Différence	kg	+438	+397	+53	+13	+38	+48	+18	+1	
	%	-	-	-	-	+290%	+299%	+192%	+13%	

PCBs	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	kg	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	

NOx	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	7	7	5	4	3	3	3	3	
Nouveau	kt	7	7	5	4	3	3	3	3	3
Différence	kt	+	+0	+0	+0	+0	-0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-0%	-3%	-3%	

NM VOC	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	11	12	13	13	14	13	13	15	
Nouveau	kt	10	12	12	13	14	13	11	13	10
Différence	kt	0	-0	-0	-0	-0	-0	-1	-2	
	%	-2%	-3%	-3%	-3%	-3%	-3%	-10%	-14%	

SOx	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	4	3	1	1	1	0	0	0	
Nouveau	kt	4	3	1	1	1	0	0	0	0
Différence	kt	+	+0	+0	+0	+0	-0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-0%	-3%	-10%	

NH3	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	1	2	2	3	4	6	8	8	
Nouveau	kt	1	2	2	3	4	6	7	8	8
Différence	kt	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-1	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-1%	-8%	

CO	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	29	30	30	30	38	40	36	47	
Nouveau	kt	29	30	30	30	38	40	32	40	29
Différence	kt	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-3	-7	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-10%	-15%	

PM2.5	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	16,1	16,3	15,9	16,3	17,5	16,4	14,3	17,3	
Nouveau	kt	16,1	16,3	15,9	16,3	17,5	16,4	13,7	15,5	13,4
Différence	kt	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-1	-2	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-5%	-11%	

PM10	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	16,8	16,9	16,3	16,5	17,7	16,6	14,5	17,6	
Nouveau	kt	16,8	16,9	16,3	16,5	17,7	16,6	13,8	15,7	13,5
Différence	kt	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-1	-2	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-5%	-11%	

TSP	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	17,5	17,6	16,8	16,9	18,2	17,1	14,9	18,1	
Nouveau	kt	17,5	17,6	16,8	16,9	18,2	17,1	14,2	16,1	13,9
Différence	kt	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-1	-2	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-5%	-11%	

BC	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kt	2,48	2,55	2,63	2,81	3,41	3,49	3,12	4,06	
Nouveau	kt	2,48	2,55	2,63	2,81	3,41	3,49	2,85	3,44	2,55
Différence	kt	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-1	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-9%	-15%	

Pb	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	45	33	14	3	4	3	3	3	
Nouveau	t	45	33	14	3	4	3	3	3	3
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-12%	

Cd	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	4	3	1	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	4	3	1	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-0%	-10%	

Hg	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	5	4	2	1	1	0	0	0	
Nouveau	t	5	4	2	1	1	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-8%	

As	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	-0	-0	+0	+0	+0	-0	
	%	+0%	+0%	-0%	-0%	+0%	+0%	+0%	-5%	

Cr	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	2	2	2	1	1	0	0	0	
Nouveau	t	2	2	2	1	1	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-8%	



<b>Cu</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	7	8	4	1	1	1	1	1	
Nouveau	t	7	8	4	1	1	1	1	1	1
Différence	t	+0	+0	+0	-0	+0	+0	+0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	-0%	+0%	+0%	+0%	-9%	

<b>Ni</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	4	3	1	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	4	3	1	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	-0	+0	+0	+0	+0	
	%	+0%	+0%	+0%	-0%	+0%	+0%	+0%	+4%	

<b>Se</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-16%	

<b>Zn</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	94	72	51	48	47	39	37	40	
Nouveau	t	94	72	51	48	47	39	37	33	34
Différence	t	+0	+0	+0	-0	-0	+0	+0	-6	
	%	+0%	+0%	+0%	-0%	-0%	+0%	+0%	-16%	

<b>PCDD-F</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	g I-TEQ	507	386	168	67	62	61	60	61	
Nouveau	g I-TEQ	507	386	168	67	62	61	60	60	61
Différence	g I-TEQ	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-1	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-1%	

<b>BaP</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	1	0	0	1	1	1	1	
Nouveau	t	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-9%	-15%	

<b>BbF</b>	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	1	1	1	1	1	1	1	1	
Nouveau	t	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-7%	-15%	

BkF	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-8%	-15%	

IndPy	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	t	0	0	0	0	0	0	0	1	
Nouveau	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Différence	t	+0	+0	+0	+0	+0	+0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	-8%	-15%	

HCB	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kg	56	54	40	7	2	2	2	2	
Nouveau	kg	56	54	40	7	2	2	2	2	2
Différence	kg	+0	+0	+0	+0	-0	-0	-0	-0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	-0%	-0%	-0%	-12%	

PCBs	unité	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022
Ancien	kg	100	82	30	5	1	1	0	0	
Nouveau	kg	100	82	30	5	1	1	0	0	2
Différence	kg	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	
	%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+0%	+12%	+2%	

## Annexe 6 - Tables au format CEE-NU / NFR (résultats détaillés par année)

---

### *Annex 6 - UNECE / NFR tables (results detailed by year)*

Cette annexe concerne les émissions de toutes les substances requises par la CEE-NU et pertinentes pour les années de référence 1980, 1988 et 1990, jusqu'aux dernières années les plus récentes à rapporter. Par ailleurs, pour les résultats par polluant pour l'ensemble des années en série temporelle cf. annexe 8.

[CEE-NU - Citepa](#)

[Status of reporting \(ceip.at\)](#)

## Annexe 7 - Tables de projection au format CEE- NU / NFR

---

### *Annex 7 - UNECE / NFR projection tables*

Les prochaines projections des émissions de polluants atmosphériques pour la France, dans le cadre de la directive NEC, seront rapportées en mars 2025 pour la période 2025 à 2050.

## Annexe 8 - Tables au format CEE-NU / NFR (résultats détaillés par polluant)

---

### *Annex 8 - UNECE / NFR tables (results detailed by pollutant)*

Les tables regroupant les émissions de toutes les substances requises par la CEE-NU sont présentes sur ce lien : [CEE-NU - Citepa](#) .

Les tables représentent, pour chaque polluant, les résultats en séries chronologiques depuis l'année de référence jusqu'à 2022 en utilisant la nomenclature NFR.

## Annexe 9 - Tableaux d'incertitudes

---

### *Annex 9 - Uncertainty tables*

Cette annexe présente les tableaux d'incertitudes, la méthodologie appliquée étant présentée dans le rapport au paragraphe 1.7.

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)**

- CO (Gg)

r a n g		CO (Gg)		contribution (%)		cumul (%)		Incertitude sur activité (%)		Incertitude sur facteur d'émissions (%)		Incertitude combinée (%)		Incertitude combinée en % des émissions totales		Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)		Incertitude d'évolution liée aux activités (%)		Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)	
		1980	2022	2022	2022	2022	2022														
source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024		CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx																			
	Classement Source																				
	NFR																				
1	1A4	2 441	1 277	52,4	77,0	5,0	97	97	50,7	0,06	0,007	0,06	0,007	0,06	0,007	0,06	0,007	0,06	0,007	0,06	0,007
2	2C	1 410	341	14,0	97,6	5,0	22	22	3,1	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
3	1A2	1 400	324	13,3	14,5	3,0	93	93	12,3	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001
4	1A3	7 739	244	10,0	24,5	3,0	13	13	1,3	-0,011	0,001	-0,011	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
5	1A5	89	120	4,9	81,9	5,0	192	192	9,4	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
6	1A1	57	30	1,2	1,2	2,0	98	98	1,2	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
7	1B1	63	29	1,2	83,1	5,0	50	50	0,6	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
8	5C	12	28	1,2	100,0	15	50	50	0,6	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
9	3F	75	27	1,1	98,8	30	102	102	1,2	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
10	2B7	22	7,7	0,3	83,6	5,0	50	50	0,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	2G	17	2,9	0,1	97,7	5,0	61	61	0,07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	2B10	9,6	2,4	0,10	83,2	8,4	86	86	0,08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	2B6	1,2	1,4	0,06	83,3	5,0	50	50	0,03	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	1B2	23	1,0	0,04	83,1	10	71	71	0,03	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	5E	0,7	0,5	0,02	100,0	30	6	6	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
16	2H	-	0,2	0,007	97,7	5,0	50	50	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17	2B3	-	0,03	0,001	83,2	2,0	20	20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	2B1	0,01	0,005	0,000	83,1	5,0	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19	2D3C	0,002	0,002	0,000	97,6	5,0	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>13 360</b>	<b>2 437</b>	<b>100</b>	<b>97,6</b>	<b>5,0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>53,1</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>6,4</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)** - **COVNM (Gg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

Classement Source NFR	COVNM (Gg) / COVNM (Gg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
	1988	2022	2022	2022								
1 3B	245	211	19,8	79,6	5,0	200	200	39,6	0,08	0,005	0,08	0,005
2 3D	164	206	19,4	98,9	18	200	201	38,9	0,10	0,02	0,10	0,02
3 2D3a	129	181	17,0	40,4	5,5	50	50	8,5	0,02	0,005	0,02	0,005
4 1A4	528	160	15,0	19,3	5,0	98	98	14,7	-0,010	0,004	0,01	0,004
5 2D3d	259	76	7,2	47,7	5,0	18	19	1,3	-0,001	0,002	0,002	0,002
6 2H	32	38	3,5	59,7	5,0	42	42	1,5	0,004	0,001	0,004	0,001
7 1A3	981	36	3,4	4,3	3,0	18	18	0,6	-0,019	0,001	0,02	0,001
8 2D3h	73	35	3,2	53,9	2,5	30	39	1,3	0,001	0,004	0,004	0,004
9 2D3g	67	28	2,6	50,7	10	26	28	0,7	0,000	0,001	0,001	0,001
10 2D3i	60	24	2,2	56,1	5,0	48	49	1,1	0,000	0,001	0,001	0,001
11 1B2	200	17	1,6	22,2	10	100	101	1,6	-0,019	0,001	0,02	0,001
12 1A5	13	13	1,2	20,6	5,0	196	196	2,4	0,006	0,000	0,006	0,006
13 2B10	42	12	1,2	23,4	8,4	36	37	0,4	0,000	0,000	0,001	0,001
14 1A2	21	8,1	0,8	0,9	3,0	76	76	0,6	0,000	0,000	0,000	0,000
15 5C	2,7	6,5	0,6	100,0	15	100	101	0,6	0,002	0,000	0,002	0,002
16 2D3e	67	3,7	0,3	48,0	20	30	36	0,1	-0,002	0,000	0,002	0,000
17 5A	3,9	3,7	0,3	99,4	20	140	141	0,5	0,001	0,000	0,001	0,000
18 1A1	8,4	1,6	0,1	0,1	2,0	98	98	0,1	0,000	0,000	0,000	0,000
19 2C	1,6	1,1	0,1	23,5	5,0	95	95	0,1	0,000	0,000	0,000	0,000
20 2I	0,7	1,0	0,09	59,8	5,0	40	40	0,04	0,000	0,000	0,000	0,000
21 3F	2,4	1,0	0,09	99,0	30	70	76	0,07	0,000	0,000	0,000	0,000
22 2D3b	0,5	0,5	0,05	40,5	5,0	50	50	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000
23 2G	1,5	0,2	0,02	56,1	5,0	60	60	0,01	0,000	0,000	0,000	0,000
24 1B1	37	0,1	0,01	20,6	5,0	100	100	0,01	-0,004	0,000	0,004	0,000
25 2D3f	15	0,1	0,01	48,0	20	30	36	0,004	-0,001	0,000	0,001	0,001
26 5D	0,09	0,09	0,009	100,0	5,0	25	25	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
27 2B1	0,2	0,08	0,007	22,2	5,0	100	100	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000
28 2B3	0,1	0,03	0,003	23,4	2,0	20	20	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
29 2D3c	0,03	0,03	0,003	40,5	5,0	100	100	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>2 954</b>	<b>1 065</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>58,2</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>13,6</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")



**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)** - **NH3(Gg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

r a n g	Classement Source	NH3 (Gg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1980	2022	2022	2022								
1	3D	338	292	56,3	98,4	18	50	29,9	0,02	0,11	0,11	0,11	
2	3B	277	194	37,3	42,1	5,0	73	27,3	-0,031	0,02	0,04	0,04	
3	1A4	22	11	2,1	3,9	5,0	100	2,1	-0,010	0,001	0,010	0,010	
4	5B	0,9	7,8	1,5	100,0	15	83	1,3	0,009	0,003	0,009	0,009	
5	1A3	0,6	5,0	1,0	1,8	3,0	29	0,3	0,002	0,000	0,002	0,002	
6	1A2	1,0	3,1	0,6	0,8	3,0	68	0,4	0,002	0,000	0,002	0,002	
7	2B7	2,5	1,8	0,4	4,7	5,0	50	0,2	0,000	0,000	0,000	0,000	
8	2B10	2,9	1,3	0,3	4,3	8,4	31	0,08	0,000	0,000	0,000	0,000	
9	1A1	0,008	1,2	0,2	0,2	2,0	90	0,2	0,002	0,000	0,002	0,002	
10	2B1	2,3	0,6	0,1	4,0	5,0	50	0,06	-0,001	0,000	0,000	0,001	
11	3F	1,5	0,5	0,1	98,5	30	37	0,05	0,000	0,000	0,000	0,001	
12	2G	0,5	0,2	0,04	4,7	5,0	112	0,04	0,000	0,000	0,000	0,000	
13	2H	0,2	0,1	0,02	4,7	5,0	20	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	
14	2B2	0,1	0,07	0,01	4,3	5,0	20	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	
15	1B1	0,04	0,009	0,002	3,9	5,0	100	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	
16	1A5	0,001	0,002	0,000	3,9	5,0	100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
17	5C	-	0,000	0,000	100,0	15	50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Total</b>		<b>649</b>	<b>518</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>15</b>	<b>50</b>	<b>40,6</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>12,2</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

## ANNEXE 9 - INCERTITUDES

## CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

Classement Source NFR	NOx (Gg)		contribution (%)		cumul (%)		Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx		
	1980	2022	2022	2022	2022	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)					Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)	
1 1A3	1 005	319	45,7	62,0	3,0	15	7,0	0,000	0,006	0,006	0,006		
2 3D	156	128	18,3	99,4	18	400	73,2	0,14	0,01	0,14	0,14		
3 1A4	281	105	15,0	77,0	5,0	82	12,3	0,006	0,003	0,007	0,007		
4 1A2	329	84	12,1	16,3	3,0	25	3,0	-0,002	0,002	0,003	0,003		
5 1A1	351	30	4,2	4,2	2,0	41	1,7	-0,015	0,000	0,02	0,02		
6 1A5	3,4	13	1,9	78,9	5,0	144	2,8	0,008	0,000	0,008	0,008		
7 3B	13	8,8	1,3	81,1	5,0	100	1,3	0,002	0,000	0,002	0,002		
8 5C	4,7	2,6	0,4	100,0	15	42	0,2	0,000	0,000	0,000	0,000		
9 2B10	4,0	2,5	0,4	79,6	8,4	16	0,06	0,000	0,000	0,000	0,000		
10 3F	4,1	1,4	0,2	99,6	30	132	0,3	0,000	0,000	0,000	0,000		
11 1B2	2,4	1,3	0,2	79,1	10	25	0,05	0,000	0,000	0,000	0,000		
12 2B1	2,5	0,9	0,1	79,2	5,0	50	0,06	0,000	0,000	0,000	0,000		
13 2G	1,6	0,8	0,1	79,9	5,0	96	0,1	0,000	0,000	0,000	0,000		
14 2C	2,4	0,6	0,08	79,7	5,0	20	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000		
15 2B2	16	0,5	0,07	79,7	5,0	20	0,01	0,000	0,000	0,000	0,000		
16 2B3	0,4	0,06	0,009	79,7	2,0	20	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000		
17 5A	-	0,06	0,008	99,6	20	67	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000		
18 5E	0,05	0,04	0,005	100,0	30	19	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000		
19 2B6	0,03	0,005	0,001	79,7	5,0	100	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000		
<b>Total</b>	<b>2 176</b>	<b>698</b>	<b>100</b>	<b>79,7</b>	<b>5,0</b>	<b>100</b>	<b>74,7</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>14,4</b>		

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*) - SO2 (Gg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

Classement Source NFR	SO2 (Gg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
	1980	2022	2022	2022								
1 1A2	893	45	50,4	65,8	3,0	21	21	21	10,6	0,001	0,001	0,001
2 1A1	1 554	14	15,4	15,4	2,0	28	28	28	4,2	-0,003	0,000	0,003
3 1A4	322	12	14,0	81,5	5,0	57	57	57	8,0	0,001	0,000	0,001
4 1B2	203	6,8	7,7	90,3	10	17	20	20	1,5	0,000	0,000	0,000
5 2C	7,2	5,6	6,4	99,4	5,0	22	23	23	1,4	0,000	0,000	0,000
6 2B10	42	2,4	2,8	93,0	8,4	37	38	38	1,1	0,000	0,000	0,000
7 1A3	147	1,6	1,8	67,6	3,0	9	10	10	0,2	0,000	0,000	0,000
8 1A5	0,5	0,9	1,1	82,6	5,0	56	57	57	0,6	0,000	0,000	0,000
9 5C	2,6	0,3	0,3	100,0	15	75	76	76	0,3	0,000	0,000	0,000
10 3F	0,4	0,1	0,1	99,6	30	81	86	86	0,1	0,000	0,000	0,000
11 5A	-	0,05	0,06	99,7	20	75	78	78	0,04	0,000	0,000	0,000
12 2B6	11	0,04	0,05	93,1	5,0	30	30	30	0,01	0,000	0,000	0,000
13 2G	0,2	0,01	0,01	99,5	5,0	31	32	32	0,004	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>3 185</b>	<b>89</b>	<b>100</b>	<b>99,5</b>	<b>5,0</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>0,004</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
							<b>Incertitudes année 2022</b>	<b>2022</b>	<b>14,1</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>0,3</b>	

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

## ANNEXE 9 - INCERTITUDES

CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (*)													HAP (Mg)	
source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024													CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx	
r a n s	Classement Source NFR	HAP (Mg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)	
		1990	2022	2022	2022									2022
1	1A4	Other sectors (Commercial / Institutional/Residential/Agricultur	35	27	81,6	90,8	5,0	99	100	81,2	0,04	0,04	0,06	
2	1A3	Transport	2,9	2,1	6,4	9,2	3,0	97	97	6,2	0,001	0,002	0,002	
3	5C	Waste Incineration	1,4	1,2	3,5	99,2	15	46	48	1,7	0,002	0,005	0,006	
4	1B1	Fugitive emission from Solid Fuels	2,6	0,9	2,8	93,6	5,0	100	100	2,8	-0,021	0,001	0,02	
5	1A2	Manufacturing Industries and Construction	0,7	0,7	1,9	2,8	3,0	91	91	1,8	0,003	0,001	0,003	
6	3F	Field Burning of Agricultural Wastes	2,0	0,5	1,4	95,7	30	84	89	1,3	-0,018	0,004	0,02	
7	1A1	Energy Industries	0,8	0,3	0,9	0,9	2,0	82	82	0,7	-0,005	0,000	0,005	
8	5E	Other waste	0,3	0,3	0,8	100,0	30	114	117	0,9	0,000	0,002	0,002	
9	2C	Metal Production	0,2	0,2	0,6	94,2	5,0	17	18	0,1	0,000	0,000	0,000	
10	1A5	Other (Including military, land based and recreational boats)	0,02	0,02	0,07	90,9	5,0	100	100	0,07	0,000	0,000	0,000	
11	2G	Other product use	0,03	0,01	0,04	94,3	5,0	80	80	0,03	0,000	0,000	0,000	
12	2D3i	Other solvent use	0,05	0,006	0,02	94,2	5,0	100	100	0,02	-0,001	0,000	0,001	
13	2D3b	Road paving with asphalt	0,002	0,002	0,005	94,2	5,0	50	50	0,002	0,000	0,000	0,000	
<b>Total</b>			<b>46</b>	<b>34</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>81,6</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>6,5</b>		

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)** - **As (Mg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

Classement Source	As (Mg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
	1990	2022	2022	2022								
1 1A3 Transport	1,3	1,7	31,0	69,3	3,0	121	121	37,6	0,09	0,09	0,004	0,09
2 1A2 Manufacturing Industries and Construction	7,8	1,7	30,5	38,3	3,0	89	89	27,0	-0,039	0,004	0,004	0,04
3 1A4 Other sectors (Commercial / Institutional/Residential/Agricultural)	3,5	1,5	27,2	96,6	5,0	280	280	76,3	0,06	0,006	0,006	0,06
4 1A1 Energy Industries	2,2	0,4	7,8	7,8	2,0	94	94	7,3	-0,014	0,001	0,001	0,01
5 2C Metal Production	2,2	0,08	1,5	98,2	5,0	38	38	0,6	-0,013	0,000	0,000	0,01
6 5E Other waste	0,09	0,07	1,3	100,0	30	67	73	1,0	0,002	0,002	0,002	0,002
7 3F Field Burning of Agricultural Wastes	0,04	0,01	0,2	98,5	30	127	131	0,3	0,000	0,000	0,000	0,000
8 5C Waste Incineration	0,4	0,01	0,2	98,7	15	76	77	0,2	-0,005	0,000	0,000	0,005
9 2G Other product use	0,004	0,004	0,07	98,2	5,0	276	276	0,2	0,000	0,000	0,000	0,000
10 1B1 Fugitive emission from Solid Fuels	0,02	0,003	0,05	96,6	5,0	50	50	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000
11 1A5 Other (Including military, land based and recreational boats)	0,003	0,002	0,03	96,6	5,0	100	100	0,03	0,000	0,000	0,000	0,000
12 1B2 Fugitive emission from liquid Fuels and natural gas	0,002	0,002	0,03	96,7	10	100	100	0,03	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>100</b>	<b>96,7</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>89,6</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>11,9</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

ANNEXE 9 - INCERTITUDES

CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*) - Cd (Mg)

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024 CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

Classement Source	Cd (Mg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
	1990	2022	2022	2022								
1A2 Manufacturing Industries and Construction	5,8	0,9	34,6	44,9	73	3,0	73	73	25,2	0,006	0,002	0,006
2G Other product use	0,3	0,4	15,6	86,9	142	5,0	142	142	22,2	0,03	0,001	0,03
3C Metal Production	4,3	0,3	11,0	71,4	27	5,0	26	27	2,9	-0,003	0,001	0,004
4A1 Energy Industries	4,4	0,3	10,3	10,3	85	2,0	85	85	8,7	-0,012	0,000	0,01
5A4 Other sectors (Commercial / Institutional/Residential/Agricultur	0,5	0,2	8,6	59,2	109	5,0	109	109	9,4	0,008	0,001	0,008
6A3 Transport	0,1	0,2	5,7	50,6	239	3,0	239	239	13,6	0,02	0,000	0,02
7F Field Burning of Agricultural Wastes	0,5	0,2	5,7	92,6	101	30	101	105	6,0	0,004	0,003	0,005
8C Waste Incineration	4,4	0,1	5,5	98,1	93	15	92	93	5,1	-0,019	0,001	0,02
9E Other waste	0,06	0,05	1,9	100,0	67	30	60	67	1,3	0,001	0,001	0,002
10A5 Other (including military, land based and recreational boats)	0,01	0,02	0,6	59,9	100	5,0	100	100	0,6	0,001	0,000	0,001
11B2 Fugitive emission from liquid Fuels and natural gas	0,02	0,01	0,4	60,4	100	10	100	100	0,4	0,000	0,000	0,000
12B1 Fugitive emission from Solid Fuels	0,05	0,002	0,07	59,9	50	5,0	50	50	0,03	0,000	0,000	0,000
13B10 Other chemical industry	0,007	0,002	0,06	60,4	100	8,4	100	100	0,06	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>60,4</b>	<b>2022</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>39,4</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,0</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)** - **Cr (Mg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

r a n g	Classement Source	Cr (Mg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022	2022	2022								
1	1A3	9,5	13	40,0	64,8	3,0	342	136,9	0,10	0,001	0,10	0,001	0,10
2	1A4	17	7,3	23,1	87,9	5,0	109	25,2	0,02	0,001	0,02	0,001	0,02
3	1A2	14	6,1	19,3	24,8	3,0	85	16,4	0,01	0,001	0,01	0,001	0,01
4	1A1	6,5	1,8	5,5	5,5	2,0	86	4,8	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003
5	2G	1,1	1,7	5,5	98,9	5,0	145	8,0	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006
6	2C	350	1,6	5,2	93,5	5,0	23	1,2	-0,015	0,000	-0,015	0,000	0,01
7	5E	0,3	0,2	0,6	100,0	30	67	73	0,4	0,000	0,000	0,000	0,000
8	5C	2,2	0,1	0,4	99,4	15	21	26	0,10	0,000	0,000	0,000	0,000
9	1B1	0,4	0,07	0,2	88,2	5,0	50	50	0,1	0,000	0,000	0,000	0,000
10	1B2	0,04	0,03	0,09	88,3	10	100	100	0,10	0,000	0,000	0,000	0,000
11	3F	0,07	0,02	0,07	99,0	30	79	84	0,06	0,000	0,000	0,000	0,000
12	1A5	0,02	0,02	0,07	87,9	5,0	100	100	0,07	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>401</b>	<b>32</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>140,5</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>10,5</b>	<b>10,5</b>	<b>10,5</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

ANNEXE 9 - INCERTITUDES

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)** - **Cu (Mg)**

CITEPA-Incertitudes-polluant.xlsx

r a n g	Classement Source	Cu (Mg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022	2022	2022								
1	1A3	178	226	72,7	75,0	3,0	317	317	230,5	0,36	0,03	0,36	
2	2G	43	70	22,7	99,7	5,0	141	141	31,9	0,12	0,02	0,12	
3	1A2	24	5,5	1,8	2,3	3,0	68	69	1,2	-0,048	0,001	0,05	
4	1A4	11	4,9	1,6	76,6	5,0	109	109	1,7	-0,028	0,001	0,03	
5	1A1	9,6	1,7	0,5	0,5	2,0	74	74	0,4	-0,023	0,000	0,02	
6	2C	12	1,3	0,4	77,1	5,0	22	23	0,09	-0,009	0,000	0,009	
7	5E	0,9	0,7	0,2	100,0	30	45	54	0,1	0,000	0,001	0,001	
8	5C	5,9	0,2	0,05	99,8	15	24	28	0,01	-0,005	0,000	0,005	
9	1A5	0,04	0,06	0,02	76,6	5,0	100	100	0,02	0,000	0,000	0,000	
10	1B1	1,3	0,04	0,01	76,6	5,0	50	50	0,007	-0,002	0,000	0,002	
11	3F	0,1	0,04	0,01	99,7	30	153	156	0,02	-0,001	0,000	0,001	
12	1B2	0,02	0,01	0,005	76,6	10	100	100	0,005	0,000	0,000	0,000	
<b>Total</b>		<b>285</b>	<b>311</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>232,7</b>		<b>sur l'évolution</b>	<b>38,1</b>	

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")



**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)** - **Hg(Mg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024 CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

Classement Source	Hg (Mg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
	1990	2022	2022	2022								
1 1A2 Manufacturing Industries and Construction	6,9	1,0	39,1	58,7	3,0	63	24,6	0,008	0,002	0,008	0,002	0,008
2 1A1 Energy Industries	8,3	0,5	19,6	19,6	2,0	56	10,9	-0,007	0,001	-0,007	0,001	0,007
3 1A3 Transport	0,2	0,2	9,6	68,3	3,0	75	7,2	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006
4 5C Waste Incineration	5,1	0,2	9,1	98,2	15	71	6,6	-0,008	0,002	-0,008	0,002	0,008
5 1A4 Other sectors (Commercial / Institutional/Residential/Agricultui	0,8	0,2	6,9	75,3	5,0	100	6,9	0,004	0,000	0,004	0,000	0,004
6 2C Metal Production	0,4	0,1	5,4	83,0	5,0	40	2,2	0,002	0,000	0,002	0,000	0,002
7 2D3a Domestic solvent use including fungicides	0,8	0,1	5,1	88,1	5,5	75	3,8	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001
8 2B10 Other chemical industry	2,8	0,05	1,9	77,6	8,4	20	0,4	-0,002	0,000	-0,002	0,000	0,002
9 5E Other waste	0,06	0,05	1,8	100,0	30	90	1,7	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
10 3F Field Burning of Agricultural Wastes	0,07	0,02	1,0	89,0	30	91	0,9	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001
11 1B1 Fugitive emission from Solid Fuels	0,02	0,004	0,2	75,6	5,0	50	0,08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12 1A5 Other (including military, land based and recreational boats)	0,003	0,004	0,1	75,4	5,0	100	0,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13 1B2 Fugitive emission from liquid Fuels and natural gas	0,005	0,003	0,1	75,7	10	100	0,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14 2G Other product use	0,000	0,000	0,006	88,1	5,0	254	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>3</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>29,9</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>1,5</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

ANNEXE 9 - INCERTITUDES

CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*) - Ni (Mg)

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

r a n g	Classement Source	NI (Mg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022	2022	2022								
1	1A2	101	8,8	40,5	55,0	3,0	93	93	37,8	0,004	0,001	0,004	0,004
2	1A1	95	3,1	14,5	14,5	2,0	89	89	12,9	-0,012	0,000	0,000	0,01
3	2G	2,1	3,1	14,1	99,3	5,0	137	137	19,3	0,01	0,001	0,001	0,01
4	1A3	3,3	2,7	12,4	67,4	3,0	164	164	20,3	0,01	0,000	0,000	0,01
5	1A4	28	2,3	10,6	78,0	5,0	100	100	10,7	0,001	0,001	0,001	0,001
6	2C	56	1,2	5,6	85,2	5,0	27	28	1,6	-0,003	0,000	0,000	0,003
7	1A5	0,5	0,3	1,2	79,3	5,0	100	100	1,2	0,001	0,000	0,000	0,001
8	5C	3,5	0,1	0,5	99,8	15	21	26	0,1	0,000	0,000	0,000	0,000
9	5E	0,05	0,04	0,2	100,0	30	39	49	0,08	0,000	0,000	0,000	0,000
10	1B1	0,4	0,03	0,2	79,4	5,0	50	50	0,08	0,000	0,000	0,000	0,000
11	1B2	0,04	0,03	0,2	79,6	10	100	100	0,2	0,000	0,000	0,000	0,000
12	3F	0,03	0,01	0,05	99,3	30	78	84	0,04	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>290</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>2022</b>	<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>49,9</b>	<b>2,3</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*) - Pb (Mg)**

r a n g	Classement Source	Pb (Mg)		contribution (%)	cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022									
1	1A3	3 897	37	42,2	75,3	3,0	311	311	131,3	-0,031	0,000	0,03
2	1A2	134	27	30,6	33,2	3,0	70	70	21,3	0,004	0,000	0,004
3	1A4	60	14	15,5	90,8	5,0	119	119	18,4	0,003	0,000	0,003
4	5C	45	2,7	3,1	99,7	15	96	97	3,0	0,000	0,000	0,000
5	1A1	55	2,3	2,6	2,6	2,0	82	83	2,2	0,000	0,000	0,000
6	2G	1,9	2,2	2,4	96,4	5,0	94	94	2,3	0,000	0,000	0,000
7	2C	43	1,9	2,2	94,0	5,0	24	25	0,5	0,000	0,000	0,000
8	1A5	51	0,6	0,7	91,6	5,0	100	100	0,7	0,000	0,000	0,000
9	5E	0,4	0,3	0,3	100,0	30	33	45	0,2	0,000	0,000	0,000
10	1B1	0,6	0,2	0,2	91,8	5,0	50	50	0,10	0,000	0,000	0,000
11	3F	0,5	0,1	0,2	96,6	30	184	187	0,3	0,000	0,000	0,000
12	1B2	0,07	0,03	0,03	91,8	10	100	100	0,03	0,000	0,000	0,000
13	2H	4,9	0,02	0,03	96,4	5,0	100	100	0,03	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>4 294</b>	<b>89</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>134,3</b>		<b>sur l'évolution</b>	<b>3,1</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

ANNEXE 9 - INCERTITUDES

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)** - Se (Mg)

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024 CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

r a n g	Classement Source NFR	Se (Mg)		contribution (%)	cumul (%) 2022	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022									
1	1A2	8,4	6,7	74,4	78,4	3,0	99	99	73,8	0,06	0,02	0,07
2	1A4	2,6	1,1	12,4	94,0	5,0	100	100	12,4	-0,054	0,006	0,05
3	2G	0,2	0,4	4,4	99,8	5,0	141	142	6,3	0,03	0,002	0,03
4	1A1	1,1	0,4	4,0	4,0	2,0	98	98	3,9	-0,031	0,001	0,03
5	1A3	0,2	0,3	3,2	81,6	3,0	99	99	3,2	0,010	0,001	0,010
6	2C	0,2	0,07	0,8	95,4	5,0	36	36	0,3	-0,001	0,000	0,001
7	1B1	0,1	0,05	0,5	94,5	5,0	50	50	0,3	-0,002	0,000	0,002
8	3F	0,04	0,01	0,1	100,0	30	136	140	0,2	-0,001	0,000	0,001
9	1B2	0,009	0,007	0,08	94,6	10	100	100	0,08	0,000	0,000	0,000
10	5E	0,005	0,004	0,04	100,0	30	154	157	0,06	0,000	0,000	0,000
11	1A5	0,003	0,002	0,02	94,0	5,0	100	100	0,02	0,000	0,000	0,000
12	5C	0,03	0,000	0,002	100,0	15	85	86	0,002	-0,001	0,000	0,001
<b>Total</b>		<b>13</b>	<b>9</b>	<b>100</b>		<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>75,3</b>	<b>sur l'évolution</b>			<b>9,7</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapitre 5 "Uncertainties")

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)**

- Zn (Mg)

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

r a n g	Classement Source	Zn (Mg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022	2022	2022								
1	1A3	121	167	44,3	61,6	3,0	209	92,6	0,15	0,003	0,15	0,003	0,15
2	1A2	299	49	13,0	17,3	3,0	85	11,0	-0,002	0,001	-0,002	0,001	0,002
3	1A4	102	47	12,3	73,9	5,0	118	14,5	0,02	0,002	0,02	0,002	0,02
4	2G	25	41	10,8	90,2	5,0	143	15,4	0,02	0,001	0,02	0,001	0,02
5	5E	41	31	8,2	100,0	30	15	2,7	0,002	0,006	0,002	0,006	0,006
6	2C	1 325	17	4,6	79,4	5,0	22	1,0	-0,023	0,001	-0,023	0,001	0,02
7	1A1	113	16	4,3	4,3	2,0	85	3,7	-0,002	0,000	-0,002	0,000	0,002
8	3F	11	3,4	0,9	91,1	30	194	1,8	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
9	1A5	1,9	3,3	0,9	74,8	5,0	100	0,9	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001
10	5C	52	2,6	0,7	91,8	15	73	0,5	-0,002	0,000	-0,002	0,000	0,002
11	1B1	3,8	0,4	0,1	74,9	5,0	50	0,05	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	1B2	0,09	0,07	0,02	74,9	10	100	0,02	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>2 094</b>	<b>378</b>	<b>100</b>	<b>100</b>		<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>95,8</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>15,0</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

## ANNEXE 9 - INCERTITUDES

## CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER 1 DE EMEP / EEA 2019 (\*) - BC (Gg)

r a n g	Classification Source	BC (Gg)		contribution (%)	cumul (%) 2022	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022									
1	1A4	36	16	59,4	87,3	5,0	100	100	59,5	0,05	0,01	0,05
2	1A3	32	6,2	22,7	27,9	3,0	53	53	12,0	-0,028	0,003	0,03
3	5C	2,0	2,2	8,1	98,7	15	100	101	8,2	0,02	0,006	0,02
4	1A2	4,7	1,2	4,6	5,2	3,0	100	100	4,6	-0,004	0,001	0,004
5	3F	1,9	0,6	2,2	90,6	30	231	233	5,1	-0,001	0,003	0,003
6	5E	0,5	0,3	1,3	100,0	30	20	36	0,5	0,000	0,002	0,002
7	1A1	0,5	0,2	0,7	0,7	2,0	99	99	0,7	0,000	0,000	0,000
8	1A5	0,2	0,2	0,6	87,9	5,0	175	176	1,1	0,002	0,000	0,002
9	1B1	4,1	0,08	0,3	88,2	5,0	100	100	0,3	-0,015	0,000	0,02
10	2G	0,06	0,03	0,1	88,4	5,0	81	81	0,08	0,000	0,000	0,000
11	2B10	0,02	0,01	0,04	88,3	8,4	100	100	0,04	0,000	0,000	0,000
12	2C	0,07	0,008	0,03	88,3	5,0	54	54	0,02	0,000	0,000	0,000
13	1B2	0,04	0,006	0,02	88,2	10	103	103	0,02	0,000	0,000	0,000
14	2D3c	0,000	0,000	0,001	88,3	5,0	100	100	0,001	0,000	0,000	0,000
15	2H	0,000	0,000	0,000	88,4	5,0	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>82</b>	<b>27</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>61,6</b>		<b>sur l'évolution</b>	<b>6,5</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)** - **PM10 (Mg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

r a n g	Classement Source	PM10 (Mg)		contribution (%)	cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022									
1	1A4	278	105	41,5	56,0	5,0	99	99	41,0	-0,022	0,01	0,03
2	2A5	49	33	13,0	69,5	5,0	100	100	13,0	0,02	0,004	0,02
3	3D	26	25	9,9	93,8	18	355	355	35,2	0,08	0,01	0,09
4	4A3	77	25	9,8	14,4	3,0	15	15	1,5	-0,002	0,002	0,003
5	5B	18	20	8,1	83,8	5,0	200	200	16,1	0,04	0,002	0,04
6	6B10	6,9	9,8	3,9	73,4	8,4	100	100	3,9	0,01	0,002	0,01
7	7A2	35	9,7	3,8	4,7	3,0	89	89	3,4	-0,008	0,001	0,008
8	8E	10	8,1	3,2	100,0	30	20	36	1,1	0,001	0,006	0,006
9	9C	6,4	5,4	2,1	96,8	15	110	111	2,4	0,005	0,002	0,005
10	10H	2,5	2,5	1,0	75,6	5,0	50	50	0,5	0,001	0,000	0,001
11	11F	6,8	2,2	0,9	94,7	30	91	95	0,8	-0,001	0,002	0,002
12	12C	20	2,2	0,9	74,3	5,0	50	50	0,4	-0,005	0,000	0,005
13	13A1	14	2,1	0,8	0,8	2,0	98	98	0,8	-0,007	0,000	0,007
14	14A5	0,9	1,2	0,5	56,5	5,0	193	193	0,9	0,003	0,000	0,003
15	15G	1,4	0,7	0,3	74,6	5,0	39	40	0,1	0,000	0,000	0,000
16	16I	0,7	0,6	0,2	75,8	5,0	50	50	0,1	0,000	0,000	0,000
17	17B1	41	0,2	0,08	56,5	5,0	100	100	0,08	-0,029	0,000	0,03
18	18B2	0,5	0,1	0,05	56,6	10	101	101	0,05	0,000	0,000	0,000
19	19D3c	0,09	0,09	0,04	74,3	5,0	100	100	0,04	0,000	0,000	0,000
20	20A	0,08	0,05	0,02	94,7	20	100	102	0,02	0,000	0,000	0,000
21	21B6	0,08	0,000	0,000	73,4	5,0	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>596</b>	<b>253</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>58,2</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>0,000</b>	<b>10,7</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

**ANNEXE 9 - INCERTITUDES**

ANNEXE 9 - INCERTITUDES

CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*) - PM2.5 (Gg)

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

Classement Source	PM2.5 (Gg)		contribution (%)		cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
	1990	2022	2022	2022								
	NFR											
1 1A4	271	102	60,1	75,2	5,0	99	99	99	59,6	0,009	0,02	0,02
2 1A3	70	16	9,5	15,1	3,0	14	15	15	1,4	-0,003	0,001	0,003
3 2A5	14	9,7	5,7	81,6	5,0	100	100	100	5,7	0,009	0,001	0,010
4 5E	10	8,1	4,7	100,0	3,0	20	36	36	1,7	0,002	0,007	0,007
5 1A2	27	7,9	4,6	5,7	3,0	88	88	88	4,1	-0,004	0,001	0,004
6 2B10	5,1	7,4	4,3	85,9	8,4	100	100	100	4,3	0,01	0,002	0,01
7 5C	5,8	5,3	3,1	95,3	15	110	111	111	3,4	0,007	0,002	0,008
8 3B	4,6	4,8	2,8	90,3	5,0	200	200	200	5,6	0,01	0,001	0,01
9 3F	6,2	2,1	1,2	92,2	3,0	90	95	95	1,2	0,000	0,002	0,002
10 2C	9,9	1,8	1,0	87,0	5,0	50	50	50	0,5	-0,002	0,000	0,002
11 1A1	9,3	1,8	1,0	1,0	2,0	98	98	98	1,0	-0,003	0,000	0,003
12 1A5	0,8	1,0	0,6	75,8	5,0	192	192	192	1,2	0,003	0,000	0,003
13 3D	1,0	1,0	0,6	90,9	18	355	355	355	2,0	0,005	0,001	0,005
14 2G	1,2	0,5	0,3	87,3	5,0	46	46	46	0,1	0,000	0,000	0,000
15 2I	0,3	0,2	0,1	87,6	5,0	50	50	50	0,07	0,000	0,000	0,000
16 2H	0,1	0,2	0,1	87,4	5,0	50	50	50	0,07	0,000	0,000	0,000
17 1B1	34	0,2	0,10	75,9	5,0	100	100	100	0,10	-0,026	0,000	0,03
18 1B2	0,3	0,06	0,04	75,9	10	102	102	102	0,04	0,000	0,000	0,000
19 2D3c	0,02	0,02	0,01	87,0	5,0	100	100	100	0,01	0,000	0,000	0,000
20 5A	0,01	0,007	0,004	92,2	2,0	100	102	102	0,004	0,000	0,000	0,000
21 2B6	0,06	0,000	0,000	85,9	5,0	100	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>472</b>	<b>170</b>	<b>100</b>	<b>85,9</b>	<b>5,0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>60,7</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>4,0</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapitre 5 "Uncertainties")



**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER 1 DE EMEP / EEA 2019 (\*) - TSP (Gg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

r a n g	Classement Source  NFR	TSP (Gg)		contribution (%)		cumul (%)  2022	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022	2022	2022								
1	3D	421	403	50,6	98,0	18	296	297	150,1	0,32	0,08	0,33	
2	2A5	245	162	20,4	41,0	5,0	100	100	20,4	0,005	0,009	0,01	
3	1A4	294	112	14,0	20,4	5,0	99	99	13,9	-0,060	0,006	0,06	
4	1A3	87	36	4,5	6,4	3,0	15	16	0,7	-0,002	0,001	0,003	
5	3B	29	30	3,8	47,4	5,0	200	200	7,6	0,02	0,002	0,02	
6	2B10	9,7	13	1,6	42,6	8,4	43	43	0,7	0,002	0,001	0,003	
7	1A2	42	12	1,5	1,8	3,0	16	16	0,2	-0,002	0,000	0,002	
8	5E	10	8,1	1,0	100,0	30	20	36	0,4	0,000	0,003	0,003	
9	5C	7,0	5,7	0,7	99,0	15	100	101	0,7	0,001	0,001	0,001	
10	2H	3,5	3,6	0,5	43,5	5,0	50	50	0,2	0,001	0,000	0,001	
11	1A1	19	2,5	0,3	0,3	2,0	84	84	0,3	-0,006	0,000	0,006	
12	2C	28	2,3	0,3	42,9	5,0	35	36	0,1	-0,004	0,000	0,004	
13	3F	6,9	2,3	0,3	98,3	30	88	93	0,3	-0,002	0,001	0,002	
14	2I	1,6	1,4	0,2	43,6	5,0	50	50	0,09	0,000	0,000	0,000	
15	1A5	0,9	1,2	0,2	20,5	5,0	193	193	0,3	0,001	0,000	0,001	
16	2G	1,4	0,7	0,09	43,0	5,0	64	64	0,06	0,000	0,000	0,000	
17	2D3c	0,4	0,4	0,05	42,9	5,0	100	100	0,05	0,000	0,000	0,000	
18	1B1	43	0,3	0,04	20,6	5,0	100	100	0,04	-0,022	0,000	0,02	
19	1B2	0,7	0,2	0,02	20,6	10	60	60	0,01	0,000	0,000	0,000	
20	5A	0,2	0,10	0,01	98,3	20	100	102	0,01	0,000	0,000	0,000	
21	2D3g	-	0,001	0,000	42,9	10	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000	
22	2B6	0,1	0,000	0,000	42,6	5,0	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000	
23	2B7	0,2	0,000	0,000	42,6	5,0	50	50	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>Total</b>		<b>1 251</b>	<b>797</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>152,3</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>33,5</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

ANNEXE 9 - INCERTITUDES

CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

HCB (Kg)

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

r a n g	Classement Source NFR	HCB (Kg)		contribution (%)	cumul (%) 2022	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022									
1	1A1	13	3,0	37,9	37,9	2,0	83	83	31,6	0,002	0,000	0,002
2	5C	56	2,2	27,2	100,0	15	100	101	27,5	0,001	0,000	0,001
3	2C	1,6	1,2	15,3	68,9	5,0	100	100	15,3	0,001	0,000	0,001
4	1A4	1,2	0,9	11,5	53,6	5,0	100	100	11,5	0,001	0,000	0,001
5	1A2	1 126	0,3	4,0	41,9	3,0	100	100	4,0	-0,003	0,000	0,003
6	3D	438	0,3	3,9	72,8	18	30	35	1,4	0,000	0,000	0,000
7	1A3	0,01	0,007	0,09	42,0	3,0	100	100	0,09	0,000	0,000	0,000
8	1A5	0,006	0,005	0,06	53,6	5,0	100	100	0,06	0,000	0,000	0,000
9	2G	0,000	0,000	0,000	68,9	5,0	-	5	0,000	-	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>1 636</b>	<b>8</b>	<b>100</b>				<b>Incertitudes année 2022</b>	<b>46,2</b>		<b>sur l'évolution</b>	<b>0,4</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

**CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*) - PCB (Kg)**

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

Classement Source NFR	PCB (Kg)		contribution (%)	cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
	1990	2022									
1 ZC	14	10,0	29,8	94,6	5,0	50	50	15,0	0,02	0,004	0,02
2 1A4	18	9,9	29,4	64,6	5,0	100	100	29,5	0,04	0,004	0,04
3 1A2	17	8,2	24,5	35,0	3,0	100	100	24,5	0,03	0,002	0,03
4 1A1	30	3,5	10,6	10,6	2,0	100	100	10,6	-0,012	0,001	0,01
5 5C	100	1,8	5,4	100,0	15	100	101	5,5	-0,095	0,002	0,09
6 1A5	0,03	0,09	0,3	64,8	5,0	100	100	0,3	0,000	0,000	0,000
7 1A3	0,06	0,03	0,1	35,1	3,0	98	99	0,10	0,000	0,000	0,000
8 5E	0,000	0,000	0,001	100,0	30	100	104	0,001	0,000	0,000	0,000
9 ZG	0,000	0,000	0,000	94,6	5,0	100	100	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>178</b>	<b>34</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>42,8</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>0,000</b>	<b>10,8</b>

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapitre 5 "Uncertainties")

## CALCUL D'INCERTITUDE SUR LES EMISSIONS EN FRANCE / METHODE TIER1 DE EMEP / EEA 2019 (\*)

source CITEPA / Format CEE-NU - Mars 2024

CITEPA-incertitudes-polluant.xlsx

## PCDD-F (g I-Teq)

r a n g	Classification Source	PCDD-F (g I- Teq)		contribution (%)	cumul (%)	Incertitude sur activité (%)	Incertitude sur facteur d'émissions (%)	Incertitude combinée (%)	Incertitude combinée en % des émissions totales	Incertitude d'évolution liée aux F.E. (%)	Incertitude d'évolution liée aux activités (%)	Incertitude d'évolution sur les émissions totales (%)
		1990	2022									
1	5C Waste Incineration	503	57	46,5	97,0	15	50	52	24,3	0,006	0,007	0,009
2	1A4 Other sectors (Commercial / Institutional/Residential/Agriculture)	36	27	21,6	39,9	5,0	100	100	21,6	0,01	0,001	0,01
3	1A3 Transport	18	10	8,3	18,4	3,0	75	75	6,2	0,004	0,000	0,004
4	1A2 Manufacturing Industries and Construction	349	8,8	7,2	10,1	3,0	98	98	7,1	-0,008	0,000	0,008
5	1B1 Fugitive emission from Solid Fuels	20	7,2	5,9	45,8	5,0	60	60	3,5	0,002	0,000	0,002
6	5E Other waste	4,9	3,7	3,0	100,0	30	131	134	4,0	0,002	0,001	0,003
7	1A1 Energy Industries	835	3,6	2,9	2,9	2,0	68	68	2,0	-0,020	0,000	0,02
8	3F Field Burning of Agricultural Wastes	6,2	1,9	1,5	50,5	30	200	202	3,1	0,002	0,000	0,002
9	2C Metal Production	29	1,7	1,4	47,3	5,0	60	60	0,9	0,000	0,000	0,000
10	2H Other Production	0,6	1,4	1,1	48,9	5,0	50	50	0,6	0,000	0,000	0,000
11	2D3b Road paving with asphalt	0,7	0,6	0,5	47,8	5,0	100	100	0,5	0,000	0,000	0,000
12	2G Other product use	0,04	0,04	0,03	47,8	5,0	141	142	0,05	0,000	0,000	0,000
13	1A5 Other (including military, land based and recreational boats)	0,03	0,04	0,03	40,0	5,0	100	100	0,03	0,000	0,000	0,000
14	2B10 Other chemical industry	0,03	0,02	0,02	45,9	8,4	100	100	0,02	0,000	0,000	0,000
<b>Total</b>		<b>1 802</b>	<b>123</b>	<b>100</b>			<b>Incertitudes année</b>	<b>2022</b>	<b>34,5</b>	<b>sur l'évolution</b>	<b>2,8</b>	

(\*) Calcul d'incertitudes selon le guidebook EMEP / EEA 2019 (cf. "Part A : General guidance chapters" - chapter 5 "Uncertainties")

## Annexe 10 - Correspondances entre les nomenclatures CEE-NU / NFR et CORINAIR / SNAP 97c

---

### *Annex 10 - Link between UNECE / NFR and CORINAIR / SNAP 97c list*

La correspondance entre la nomenclature SNAP 97c (version SNAP 97 étendue par le Citepa) et celle du format de rapport CEE-NU/NFR se retrouve et est tenue à jour dans la base de données OMINEA actualisée chaque année, cf. <https://www.citepa.org/fr/omineia/>. Les données d'activité et de facteurs d'émissions sont fournies par couplage des codes NFR et SNAP permettant d'identifier les correspondances entre ces deux nomenclatures.

## Annexe 11 - Références bibliographiques

---

### *Annex 11 - References*

- [1] Ministère de l'Ecologie / CGDD / SDES et anciennement Observatoire de l'Energie - Les bilans de l'Energie (données non corrigées du climat). Communication annuelle
- [2] Aide-mémoire du thermicien - Edition 1997 - Elsevier
- [3] CITEPA - Combustion et émission de polluants - Monographie n°39 - 1984
- [5] IPCC - Guidelines 1996 - Volume 2 - section I.8 - table 1- 4
- [6] CITEPA - Nouveaux combustibles - Monographie n°49 - 1986
- [7] MEDD - D. BELLENOUE - Note « Evolution des flux de dioxines et plomb émis par les aciéries électriques » - août 2001
- [8] ATILH - Note du comité de suivi de l'industrie cimentière - Novembre 2002
- [9] IPCC - Revised 1996 Guidelines for National GHG Inventories : Workbook - section I.6
- [10] Ministère de l'Environnement - Données internes
- [11] EDF - Données internes
- [12] ATIC - Données internes
- [13] UFIP - Données internes
- [14] CPDP - Pétrole (publication annuelle)
- [15] Chambre Syndicale du Raffinage du Pétrole - Spécifications des produits pétroliers
- [16] MEET 1997
- [17] EMEP / CORINAIR Guidebook
- [18] CITEPA - Facteurs d'émission du protoxyde d'azote pour les installations de combustion et les procédés industriels, Etude bibliographique - S. CIBICK et J-P. FONTELLE - 2002
- [19] DRIRE / DREAL - Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [20] EDF - Données internes
- [21] SNET puis Eon - Données internes
- [22] Ministère de l'Environnement - Circulaire du 24 décembre 1990
- [23] SOeS, (ex Observatoire de l'Energie) - Tableaux des consommations d'énergie (publication annuelle)
- [24] Observatoire de l'Energie - Données internes
- [25] Service statistique du Ministère en charge de l'environnement - SDES (ex SOeS et ex Observatoire de l'énergie) - Données nationales transmises à l'AIE et à EUROSTAT
- [26] Ministère de l'Industrie, de l'Economie et des Finances (INSEE et anciennement SESSI) et Ministère de l'Agriculture (SCEES puis SSP) - Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)
- [27] Fédération française de l'Acier / A3M (Alliance des Minerais, Minéraux et Métaux) - Données internes
- [28] ATILH - Statistiques énergétiques annuelles de la profession cimentière
- [29] Gaz de France - Données internes
- [30] CDF - Données internes
- [31] Ministère chargé des Transports - Rapport annuel de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN)
- [32] ADEME - Inventaire des installations de traitement des déchets (enquête périodique ITOM)
- [34] Ministère de l'industrie, puis de l'Ecologie - DGEMP puis SOeS puis SDES - Production et distribution d'énergie électrique en France (publication annuelle)
- [35] ENERCAL - Société néo-calédonienne d'énergie - Données internes
- [36] Electricité de Tahiti - Données internes
- [37] Electricité et eau de Wallis et Futuna - Données internes
- [38] EDM - Electricité de Mayotte - Données internes
- [39] CITEPA - Inventaire des grandes installations de combustion en application des directives 88/609 et 2001/80/CE
- [40] Zderek Parma & all. - Atmospheric Inventory Guidelines for Persistent Organic Pollutants, Axys Environmental Consulting - British Columbia, Canada, 1995
- [41] SNCU - Enquête chauffage urbain (enquête annuelle)
- [42] OFEFP - Coefficients d'émission des sources stationnaires, éditions 1995 et 2000
- [43] Circulaire du 30 mai 1997 relative à la mise en conformité des UIOM > 6 t/h
- [44] MEDD - Actions en cours mi-2000 pour la mise en conformité des UIOM, 2000
- [45] CNIM - Communication personnelle de M. de Chefdebien, 2001
- [47] Ministère de l'Environnement - Enquête raffineries (jusqu'en 1993)
- [48] CITEPA - N. ALLEMAND - Estimation des émissions de COV dues au raffinage du pétrole, 1996
- [49] TNO - Etude CEPMEIP relative aux émissions de particules, 2001
- [50] Données communiquées directement par les exploitants au CITEPA
- [51] NGUYEN V., ALLEMAND N. - Emissions de polluants atmosphériques au format NAMEA - Années 1995 à 2007 - Rapport final - CITEPA - septembre 2009
- [52] Charbonnages de France - Statistique charbonnière annuelle
- [53] SESSI / INSEE - Bulletin mensuel de statistique industrielle
- [54] CCFA - Note annuelle sur le parc automobile français
- [55] Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement - DAEI - Le marché des véhicules, immatriculations et parcs au 1er janvier (publication annuelle)
- [56] ARGUS - Numéro annuel spécial statistiques
- [57] FIEV / CSNM - Statistiques sur le motorcycle en France
- [58] INRETS - BOURDEAU B. - Evolution du parc automobile français entre 1970 et 2020 - 1998
- [59] AEE - COPERT III - SAMARAS Z. & all. - Methodology and Emission Factors, 2000
- [60] Ministère chargé des Transports - Rapports annuels de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN)
- [61] Ecole des Mines de Paris - PALANDRE L., BARRAULT S., CLODIC D. - Inventaire et prévisions des fluides frigorigènes et de leurs émissions (mise à jour annuelle)
- [62] CITEPA - SAMBAT S. & all. - Inventaire des émissions de particules primaires - 2001
- [63] MINEFI - DIDEME - Données internes non publiées
- [64] USIRF - Données internes à la profession relatives à la production d'enrobé routier
- [65] ADEME - Le chauffage domestique au bois, approvisionnement et marchés. Mars 2000
- [66] EPA - AP 42 Compilation of air pollutant emission factors, January 1995
- [67] CITEPA - ALLEMAND N. - Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France. Mars 2003
- [68] OFEFP - Mesures pour la réduction des émissions de PM10. Document environnement n°136, juin 2001
- [69] INSTITUT D'EMISSION D'OUTRE-MER (IEOM) - Rapport annuel
- [70] CITEPA - BOUSCAREN R. - Inventaire des émissions dans l'atmosphère de métaux lourds et de composés organiques persistants en France en 1990. Août 1996
- [71] SAMARAS Z. & ZIEROCK K-H. - The estimation of other mobile sources and machinery. May 1994
- [72] PROMOJARDIN - Données professionnelles internes
- [73] GIGREL - Données professionnelles internes
- [74] EMEP MSC EAST - Note technique 6/2000
- [75] AFME - CEMAGREF - Consommation de carburant des tracteurs agricoles - Février 1990
- [76] ARMEF - Les ventes de matériel d'exploitation forestière en France de 1968 à 1992 - Avril 1993
- [77] ARMEF - Etat du parc des machines d'exploitation forestière en région Lorraine, Février 1993
- [78] CITEPA - Carbonisation du bois et pollution atmosphérique - Monographie n°48, 1986
- [79] TNO - Particulate matter emissions (PM10 - PM2.5 - PM0.1) in Europe in 1990 and 1993 -February 1997
- [81] EPA - Reconciling urban fugitive dust emissions inventory and ambient source contribution estimates : summary of current knowledge and needed research - Desert Research Institute - May 2000
- [82] UBA - Etude sur la répartition granulométrique (< PM10, < PM 2.5) des émissions de poussières - février 1999
- [83] MINEFI - Observatoire de l'Energie - Données communes des bilans de l'énergie communiquées à l'AIE et à EUROSTAT
- [84] CEPII - Harmonisation des statistiques énergétiques nationales pour le calcul des émissions de CO2 de la France - KOUSNETZOFF N. et CHAUVIN S. - Juin 2003

- [85] SCEES - AGRESTE, Statistique agricole annuelle
- [86] SCEES - AGRESTE, Statistique agricole annuelle et production agricole finale, DOM
- [87] ECETOC - Ammonia emissions to air in Western Europe, July 1994
- [88] GIEC - Guidelines 96 - Vol. 2 - section 4
- [89] INRA - VERMOREL, Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les bovins en France, 1995
- [90] UNIFA - Les livraisons de fertilisants minéraux en France - Publication annuelle
- [91] AGENCE DE L'EAU - Données internes fournies annuellement
- [92] CITEPA - PAJOT K., GABORIT G. FONTELLE J-P. - Estimation annuelle des émissions de COVNM des sources biotiques dans la basse atmosphère en France (modèle COBRA) - Mai 2003
- [93] EPA - National Technical Information Service - Gap filling PM10 emission factors for selected open area dust sources, February 1988
- [94] SAMARAS Z., ZIEROCK K.H. - Guidebook on the Estimation on the Emissions of Other Mobile Sources and Machineries - Université de Thessalonique, 1994
- [96] INSEE - Statistiques démographiques annuelles ([www.insee.fr](http://www.insee.fr))
- [103] AEAT - source apportionment of airborne particulate matter in the UK (70 to 96, PM10 - PM2,5 - PM0,1), third report of the quality of urban air review group, January 1999
- [104] SNCF - Mission environnement
- [105] OFEFP/OFEV - Banque de données off-road
- [106] AEAT - UK Particulates and heavy metal emissions from industrial processes, February 2002
- [107] BICOCHI S., L'HOSPITALIER C. - Les techniques de dépolluage des fumées industrielles, état de l'art - RECORD, éditions TEC et DOC, mars 2002
- [108] Confédération Nationale de la Boulangerie - PARIS
- [109] CITEPA - Monographie N°54 - Les émissions atmosphériques de COV lors de l'élaboration du vin, 1987
- [110] B. GIBSON et al. - VOC emissions during malting and beer manufacture - Atmospheric Environment Vol. 29, No. 19, 1995
- [111] FIPEC - Données statistiques sur les consommations de peinture, encres, etc.
- [112] CEPE - Communication dans le cadre d'EGTEI, 2003
- [113] ECSA - European Chlorinated Solvent Association - Solvent digest, 1991 et 1995
- [114] CTTN - Centre Technique de la Teinture et du Nettoyage (données de la profession)
- [115] SPMP - Rapport annuel, les matières plastiques en chiffres
- [116] SNCP - Syndicat National du Caoutchouc et des Polymères - rapports annuels d'activité
- [117] SICOS - Données de la profession
- [118] UIC - Rapport annuel sur l'évolution de l'industrie chimique en France
- [120] SNCP - Rapports annuels d'activité
- [121] CITEPA - Final EGTEI document - Polystyrene processing, 2003
- [122] IFARE - Task force on assessment of abatement techniques for VOC from stationary sources, May 1999
- [123] FIPEC pour le compte de l'ADEME - Emissions de COV dans la production de peintures, vernis, encres d'imprimerie, colles et adhésifs, 1997
- [124] PROLEA - statistiques annuelles
- [125] FIGG / ADEME / MEDD - Données relatives aux taux d'équipement des presses offset en incinérateurs, 2003
- [126] LEVY C., DUVAL L., FONTELLE J-P., CHANG J-P. - Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs - CITEPA, 1999-2003
- [127] DGAC - données relatives aux liaisons domestiques et internationales
- [128] OACI - caractéristiques sur les moteurs et guide sur les APU 2007
- [129] DGAC - fichier « bruit » de Roissy
- [130] DGAC - données internes
- [131] DGAC - données internes relatives à AIR FRANCE
- [132] DGAC - Bulletin statistique annuel
- [133] CITEPA - DANG Q.C. - Tentative d'estimation des émissions de polluants atmosphériques dues au trafic maritime en Méditerranée Occidentale, Janvier 1993
- [134] GIEC - Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000
- [137] CEE-NU, AIE, EUROSTAT, OCDE - Energy statistics working group meeting, special issues Paper 8, Net calorific values - novembre 2004
- [139] Arrêté du 28 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 17 janvier 2001 relatif aux contrôles des émissions de gaz polluants et de particules polluantes provenant des moteurs destinés à la propulsion des tracteurs agricoles et forestiers (JO du 26 octobre 2005)
- [140] Arrêté du 22 septembre 2005 relatif à la réception des moteurs destinés à être installés sur les engins mobiles non routiers en ce qui concerne les émissions de gaz et de particules polluantes (JO du 23 décembre 2005)
- [141] Directive 2004/26/CE du Parlement européen et du Conseil, du 21 avril 2004, modifiant la directive 97/68/CE sur le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluantes provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers
- [142] UBA-Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilen Geräten und Maschinen - Jan. 2004
- [143] UNIFA - Union des industries de la fertilisation - communication personnelle de données
- [144] CITEPA - Etude documentaire n°53 décembre 1977 page 310
- [145] OFEFP édition 1995 page 115
- [146] AFNOR - référentiel de bonnes pratiques BP X 30-331
- [147] Rhodia PI Chalampé - Données confidentielles communiquées par le site
- [148] AFNOR - Référentiel de bonnes pratiques BP X 30-330
- [149] Rhodia PI Chalampé - Communication personnelle de données - confidentiel
- [150] Dossier d'engagement AERES - site de Cuise-Lamotte - CLARIANT
- [151] AFNOR - Référentiel de Bonnes Pratiques BP X 30-332
- [154] INESTENE, Eléments de base pour une prospective des émissions totales de particules primaires à l'horizon 2030, août 2001
- [155] IPCC Good Practices Guidance, Chapitre 5
- [156] ADEME, Département Déchets, Evaluation des émissions de méthane des décharges de déchets ménagers et assimilés, E. Prud'homme, Février 1999.
- [157] ADEME, données internes communiquées par le département Déchets
- [158] DRIRE des DOM et des TOM - données internes, multi annuel
- [159] Charbonnages de France - données internes sur les émissions de CH4, multi annuel
- [160] INERIS, Evaluation des quantités de méthane rejetées dans l'atmosphère par les mines françaises de charbon et de lignite, décembre 1991
- [161] IPCC Good Practices Guidance, Chapitre 2.7.1
- [162] LECE Evolution des métaux lourds et composés organiques persistants en sidérurgie, 1996
- [163] UK fine particulate - Emissions from industrial processes, août 2000
- [165] Ministère de l'Economie et des Finances, statistiques 97/98 de l'industrie gazière en France
- [167] MINEFI / DIREM (ex-DIMAH) - données internes non publiées annuelles sur les bilans énergétiques de l'Outre-mer y compris les PTOM
- [168] CPDP - données internes sur les caractéristiques des dépôts pétroliers
- [169] Arrêté du 4 septembre 1986 relatif à la réduction des émissions atmosphériques d'hydrocarbures provenant des activités de stockage
- [170] Arrêté du 8 décembre 1995 relatif à la lutte contre les émissions de composés organiques volatils résultant du stockage de l'essence et de sa distribution des terminaux aux stations-service



- [171] IFARE - Elaboration de fonctions de coûts pour la réduction des émissions de COV en France, Tome II, 1999
- [172] Décret 2001-349 du 18 avril 2001 relatif à la réduction des émissions de COV liées au ravitaillement des véhicules dans les stations service
- [173] Observatoire de l'Energie - La récupération des vapeurs d'essence en stations-service, 1993
- [174] MINEFI / DIDEME - données internes sur les stations-service, 2003
- [175] MEDD / DPPR / SEI - données internes sur les stations-service, 2003
- [176] ALLEMAND N. - Gasoline distribution - service stations, background document EGTEI, 2003
- [177] ALLEMAND N. - Evolution des émissions de polluants du trafic routier en 2010 et 2020, CITEPA 2004
- [178] EGTEI - travaux pour la détermination des coûts de la réduction des émissions. Scénario France en 2004 pour la première consultation bilatérale
- [179] INSEE - Tableau économique de Mayotte, 2001
- [180] ITSTAT - Les tableaux de l'économie polynésienne, 1998
- [181] Communication personnelle de R. Ballaman (OFEFP), septembre 2002
- [182] BUWAL - PM10 - Emissionen des Verkehrs ; Statusbericht Teil Schienenverkehrs, ed. 2002
- [183] CITEPA - IER - Study on particulate matter emissions : particle size distribution chemical composition and temporal profiles - Interreg III for ASPA, January 2005
- [184] Routes de France, anciennement USIRF (Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française) - Consommation annuelle de bitume routier. Communication en 2006
- [185] USIRF (Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française) - Données internes confidentielles transmises en 2001 et 2003
- [186] Ministry of Housing, physical planning and environment - Handbook of emission Factors - Industrial Sources - 1984
- [188] AER - Facteurs d'émission pour certains polluants organiques persistants : PCB, HAP, HCB et PCP, octobre 2004 (rapport pour CITEPA, non publié)
- [189] UNFCCC - paragraphe 16 de l'annexe à la Décision 11CP7
- [190] Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes - Statistiques annuelles de production de chaux grasses (aériennes) et magnésiennes
- [194] Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes - Données communiquées au CITEPA en septembre 2003
- [195] ATILH - Données annuelles sur les émissions de l'ensemble des sites de chaux hydraulique
- [196] Données annuelles de production nationale des installations de production de chaux hydraulique fournies par l'ATILH (confidentielles)
- [197] MAP/SCEES - Publications Agreste. "L'utilisation du territoire".
- [198] MIES - Rapport déterminant la quantité attribuée conformément à l'article 8, paragraphe 1, point d), de la décision n°280/2004/CE dans le cadre de la préparation de la 1ère période d'engagement du Protocole de Kyoto, 2006
- [199] GIEC - Guide sur les Bonnes Pratiques pour l'UTCF, 2003
- [200] MAP / SCEES - Publications annuelles Agreste « Récolte de bois et production de sciages »
- [201] INESTENE - Le bois énergie en France
- [202] IGN/IFN - Données spéciales d'après l'inventaire terrain
- [203] INRA - Stocker du carbone dans les sols agricoles de France, octobre 2002
- [204] GICC 2001 - Gestion des impacts du changement climatique, rapport CARBOFOR, juin 2004
- [206] Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France - Vol. 85, n°6, 1999
- [207] Centre Efficacité énergétique des Systèmes de l'Ecole des Mines de Paris - Inventaire annuel des émissions des fluides frigorigènes en France jusqu'en 2016
- [209] GIFEX - communication de données internes
- [210] CFA - Comité Français des Aérosols - communication annuelle de données internes
- [212] Promosol - Communication de données internes
- [213] SITELESC - Communication de données internes annuelles
- [214] GIMELEC - syndicat des fabricants d'équipements électriques - communication annuelle de données au ministère chargé de l'environnement
- [215] RTE - Réseau de Transport d'Electricité - communication de données internes et le rapport annuel « Développement durable »
- [216] Nike - communication de données
- [217] 3M - communication annuelle de données internes
- [218] SFIC (Syndicat Français de l'Industrie Cimentière) - données annuelles de production de clinker et de ciment
- [222] Données internes à Rio Tinto Alcan.
- [223] Société de l'industrie minière - Annuaire Statistique Mondial de Minerais et Métaux. Publication annuelle
- [224] Fédération française de crémation - Données statistiques
- [227] Bennet R.L. and Knapp K.T. - Characterization of particulate emissions from non-ferrous smelters - JAPCA, February 1989, vol. 39, number 2, page 169
- [228] AIRPLUS n°32/33, Novembre 2001, page 12
- [231] Agences de l'eau (ADOUR-GARONNE, RHÔNE-MEDITERRANEE-CORSE, RHIN-MEUSE, ARTOIS-PICARDIE, LOIRE-BRETAGNE, SIAAP)
- [232] IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, volumes 2 et 3, sections agriculture, 1996
- [233] INSEE - Bulletins mensuels de statistique
- [234] IFEN - Les données de l'environnement, 1999, 2002 et 2004
- [235] CEMAGREF - Communications de M. Duchêne, 2002.
- [236] GIEC - Guide des Bonnes Pratiques 2000, Chapitre 5, pages 5-14,5-15,5-16
- [237] ADEME / CTBA - Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets, 2006
- [238] GIEC - Guidelines 1996 - Volume 3 section 2.3
- [239] ATILH - Mode d'obtention des données annuelles sur les émissions de CO2 et moyens de contrôle de ces valeurs d'émission, novembre 2002
- [240] Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre - Communication de données internes
- [241] FFTB (Fédération Française des Tuiles et Briques) - Statistiques annuelles
- [242] CTTB (Centre Technique des Tuiles et Briques) - Données internes
- [243] Infochimie - numéros « spécial usines » et numéros divers selon les années
- [244] GIEC - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 2 - Edition 1996 page 2.8
- [245] MEDD - Principaux rejets industriels en France, années 1999 à 2001
- [250] KLEEMAN M.J., SCHAUER J.J., CASS G.R. - Size and composition distribution of fine particulate matter emitted from wood burning, meat charbroiling and cigarettes, Environmental Science and Technology, vol 33, 1999
- [251] Confédération des Industries céramiques de France - Chiffres clés de la profession - statistiques annuelles (confidentielles)
- [253] Syndicat général des fondeurs de France - Chiffres clés de la fonderie française et contact interne
- [254] OCDE - Environment directorate, Greenhouse gas emissions and emissions factors - May 1989
- [255] IPCC revised 2006 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, V.3.3 Ch3 Chemical Industry, 3.6 Carbide production, page 3.44
- [256] ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente - PM10 emission inventory for 1994 in Italy, liacqua, e-mail contact, octobre 2000
- [257] COPACEL - Communication de Philippe BRULE lors de la préparation du PNAQ, 2005
- [261] ADEME - Centre de Valbonne - Données internes 2001 et 2004 relatives aux déchets hospitaliers
- [262] BRUN M.J. et LEFORESTIER C. - Valorisation énergétique des déchets industriels et hospitaliers, Institut français de l'énergie (IFE), ENERGIRAMA, janvier 1991
- [263] Ministère chargé de l'environnement - L'évolution récente des émissions de dioxines dans l'atmosphère, Octobre 2000

- [264] ADEME - dossier « Emballages vides de produits phytosanitaires (EVPP) » sur [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr), 2003
- [265] IPCC - Guidelines 96, Volume 2, page 4.35
- [267] USIRF - Evolution du parc de centrales, Octobre 1998
- [268] IPCC - Revised 1996 Guidelines - Workbook, page 5.37, worksheet 5.51, sheet 3/4
- [272] INSEE - Annuaire rétrospectif de la France - 1948 - 1988
- [273] ATILH - Communication spécifique relative aux facteurs d'émission de métaux lourds et de particules, août 2006
- [275] SERVEAU L., FONTELLE JP. - Document d'application relatif aux émissions atmosphériques des installations de production d'enrobés (confidentiel). CITEPA, avril 2006
- [276] ADEME - Détermination de la granulométrie des aérosols dans les émissions diffuses d'ateliers sidérurgiques : PM10, PM2,5, PM1,0 et PM0,1 - janvier 2004
- [279] MEDD - Compilation annuelle des émissions de métaux lourds et dioxines émis par les UIOM
- [280] INERIS, "Inventaires et facteurs d'émission de dioxines UIOM", rapport provisoire n°4
- [281] Projet TOCOEN (Toxic Organic Compounds in the Environment), Masaryk University, Mars 1993
- [282] Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP), communication personnelle, octobre 2006
- [283] Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activité de soins à risques infectieux
- [284] Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux
- [285] ADEME - Evaluation comparative actuelle et prospective des émissions du parc d'appareils domestiques de chauffage en France (document confidentiel), Septembre 2005
- [286] Arrêté du 28 juillet 2005 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre
- [289] Danish Budget for Greenhouse Gases, 1990
- [292] IFN - Inventaire des surfaces forestières par département, surface par essence, mise à jour annuelle
- [293] RENECONFOR (Réseau National de suivi à des Écosystèmes Forestiers) - Communication annuelle de données de températures diurnes et nocturnes
- [294] GUENTHER A-B - Seasonal and spatial variation in natural volatile organic compound emissions. Ecological Application, 1997, vol. 7, pp 34-45
- [295] LAMBERT - Influence du climat et de la disponibilité en azote sur la croissance printanière du ray-grass anglais. 2001, Université catholique de Louvain - Faculté des sciences agronomiques - Laboratoire d'écologie des prairies.
- [296] CITEPA - Logiciel COBRA version 2002 (Composés Organiques de la Biomasse Rejetés dans l'Atmosphère)
- [297] PROMETHEE - Base de données sur les incendies en zone méditerranéenne sur [www.promethee.com](http://www.promethee.com)
- [298] Ministère de l'Agriculture (MAP), Dossier de presse « Prévention des incendies de forêt », [www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr),
- [299] METEO FRANCE - Données Meteorage (incrémentation permanente)
- [300] ATILH - Communication de M. Fauveau du 11 octobre 1999 relative aux émissions de PCDD/F pour 1996
- [301] FRABOULET I. - INERIS - Aerosol size distribution determination from stack emissions : the case of a cement plant, DUST CONF, Maastricht, April 2007
- [303] Témoignages, mercredi 11 juillet 2007, p 10,
- [304] Tout sur la France, n°4, octobre 2007
- [307] Ministère de l'Écologie du développement et de l'Aménagement Durables (site Internet [www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr) rubrique « biodiversités et paysages »), 2007
- [310] FNADE - Compte rendu du groupe de travail EPER sur l'incinération, juin 2006
- [311] HUGREL C., JOUMARD R. - Transport routier - Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025, INRETS, Rapport LTE n°0420, Septembre 2004
- [312] AEE - COPERT IV - Technical report N° 11/2006 - EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - Group 7: Road transport - 2006
- [318] INSEE - Tableau économique de la Réunion, chapitre transport routier
- [319] INSEE - Tableau économique de la Martinique, chapitre transport routier
- [320] INSEE - Tableau économique de la Guadeloupe, chapitre transport routier
- [321] INSEE - Tableau de l'économie calédonienne, chapitre transport routier
- [322] INSEE - Tableau économique de la Guyane, chapitre transport routier
- [323] LECES - Données communiquées par le Ministère de l'Environnement, courrier du 19 février 1996
- [325] CTBA / ADEME - La caractérisation des émissions atmosphériques d'un échantillon représentative du parc français de crematorium en vue d'une évaluation globale du risqué sanitaire, 2006
- [326] Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux
- [327] IFN - Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane par télédétection satellitaire - Rapport final, janvier 2008
- [328] Guitet S., Blanc L., Chave J., Gomis A., 2006. Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour la forêt guyanaise. Convention n° 59.02. G 18/05 du 19/12/2005 entre le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'Office National des Forêts - Direction régionale de Guyane. Rapport final, 81p.
- [329] CITEPA - Données internes résultant des divers audits (diagnostics et pré diagnostics) réalisés par le CITEPA
- [330] CONCAWE - Air pollutant emission methods for E-PRTR reporting by refineries, 2007
- [331] UIC - données internes à la profession fournies par M. DECROUTTE le 5 novembre 2007
- [332] ANPEA (Association nationale professionnelle pour les engrais et amendements) - Résultats enquête amendements basiques - <http://www.anpea.com/>
- [333] AGRESTE - Irrigation et matériel 2005, enquête structure 2005 et recensement agricole 2000 (disponible sur le site de l'Agreste <http://agreste.agriculture.gouv.fr/>)
- [334] GRDF - Communication annuelle des émissions nationales de CH4 au CITEPA
- [335] ADEME - Second état d'avancement de la mise en conformité des UIOM, 2005
- [336] COLLET S. - HAP émis par la combustion du bois en foyers domestiques, INERIS, 2001
- [338] COLLET S.- Emissions de la combustion du bois par les foyers domestiques, INERIS, mai 2002
- [339] COLLET S. - Emissions de dioxines, furanes et d'autres polluants liés à la combustion du bois naturels et faiblement adjuvants, INERIS, février 2000
- [340] EMEP / CORINAIR Guidebook, section B-810-23, Décembre 2006
- [341] COOPER D.A. - HCB, PCB and PCDD/F emissions from ships, Atmospheric Environment 39, Page 4908, Avril 2005
- [342] EMEP / CORINAIR Guidebook, section B-810-23, Décembre 2006
- [343] EMEP / CORINAIR Guidebook, section B-810-24, Décembre 2006
- [346] Determination of atmospheric pollutant emission factors at a small coal-fired heating boiler, AEAT, March 2001
- [347] COOPER D. - HCB, PCB, PCDD and PCDF emissions from ships, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, October 2004
- [348] Arrêté du 31 mars 2008 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2008 - 2012
- [349] EMEP / CORINAIR Guidebook, chapter « Source of PCB emissions », Décembre 2006
- [350] Determination of atmospheric pollutant emission factors at small industrial wood burning furnace, AEAT, March 2001
- [351] SESSI - Résultats annuels des enquêtes de branche
- [352] UNICEM - Rapport annuel statistique à partir de 1999
- [353] UNICEM - Communication de données internes, 2001
- [354] KEPLIS NE, APTE, MG, GUNDEL LA - Characterizing ETS emissions from cigars : chambers of nicotine, particle mass and particle size, 1999
- [355] PNUE - Outil spécialisé (Toolkit) pour l'identification et la quantification des rejets de dioxine et furanes, Février 2005

- [356] Observatoire français des drogues et des toxicomanies (OFDT) - Séries statistiques annuelles « Vente de tabac et cigarettes - évolution depuis 1990 »
- [357] TNO - Technical paper to the OSPARCOM - HELCOM - UNECE emission inventory, report TNO-MEP R93/247, p26, 1995
- [358] EMEP CORINAIR - 3rd emission inventory guidebook, Chapter "Sources of PCB emission", December 2006
- [359] GIEC 2006 - Biological Treatment of Solid Waste, Vol. 5, p 4.4
- [360] MEEDDAT/DGEC - L'industrie pétrolière - Note annuelle sur les données des produits pétroliers
- [361] ECOBILAN / ADEME - Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants, PCW 2002, Novembre 2002
- [362] VERMOREL M., JOUANY J.P., EUGENE M., SAUVANT D., NOBLET J., DOURMAD J.Y. - Evaluation quantitative des émissions de méthane entérique par les animaux d'élevage en 2007 en France. INRA prod. Anim., 2008, 21 (5), 403-418.
- [363] SOLAGRO - Communication personnelle de M. Couturier du 2 août 2002
- [364] Syndicat National des Industries du Plâtre - communication de données internes relatives à la production annuelle
- [366] ADEME - Communications personnelles de MM. Bajeat et Charre du relatives au taux de captage dans les décharges, 2002, 2009
- [368] ADEME - Campagnes MODECOM (1993, 2007, 2017)
- [371] EMEP / EEA Guidebook 2009, Chapter 6Cb « Industrial waste incineration, page 10/20
- [372] INERIS - Caractérisation des biogaz- bibliographie - mesures sur sites, 2002
- [373] GIEC 2006 - Traitement biologique des déchets solides, Volume 5, chapitre 4
- [374] GIEC 2006 - Traitement et relargage des eaux usées, Volume 5, chapitre 6
- [375] IFEN - Base de données EIDER, Rejets dans l'eau des principaux émetteurs industriels
- [376] Décret n°2005-185 du 25 février 2005 relatif à la mise sur le marché des bateaux de plaisance et des pièces et éléments d'équipement
- [377] BRGM/DPSM - Bilan méthane après-mines dans les bassins houillers français à partir de 2004, multi annuel
- [378] ADEME - La pollution des sols liée aux activités de préservation du bois - 1998
- [379] GIEC - Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapitre 2, page 2.20
- [380] EURELECTRIC - European Wide Sector Specific Calculation Method for reporting to the European Pollutant Release and Transfer Register, January 2008
- [381] ERDF - Electricité Réseau Distribution France - rapport annuel « Développement Durable »
- [382] IFN - Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane par télédétection satellitaire - Premiers résultats transmis le 16/11/2009
- [383] IFN - Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 1 - Guadeloupe - Rapport final août 2009
- [384] IFN - Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 2 - Martinique - Rapport final août 2009
- [385] IFN - Suivi de l'utilisation des terres sur trois départements d'Outre-mer insulaires : 3 - Réunion - Rapport final août 2009
- [386] ONF - Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour les forêts de la Guadeloupe, de la Martinique et de la Réunion - Rapport final novembre 2008
- [387] L'officiel du cycle, de la moto et du quad - Numéro annuel spécial statistique
- [388] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook - Group 7: Road transport - May 2009
- [389] TAAF - [www.taaf.fr](http://www.taaf.fr), 2009
- [390] JOST C. - [www.clipperton.fr](http://www.clipperton.fr)
- [391] GIEC - Guidelines 2006, Chapter 2, Pages 2.17 and 2.18, Table 2.3 stationary combustion in manufacturing industries and construction
- [392] OFEFP - Coefficients d'émission des sources stationnaires, édition 2000, page 145
- [393] EMEP / CORINAIR Guidebook, Edition septembre 1999, page B4611-6
- [395] EPA - AP42. Janvier 1995, page 11.16-8, table 11.16-4
- [396] CONCAWE - Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries, 2009
- [397] GIEC - Guidelines 2006, Chapter 2, Pages 2.15 and 2.16, Table 2.2 stationary combustion in the energy industries
- [398] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, Partie 1A2, table 3-24, May 2009
- [399] ATILH - données internes communiquées le 28 octobre 2005 relatives à l'estimation du facteur d'émission de NH3 dans les cimenteries
- [400] I.E.O.M. Institut d'Emission d'Outre Mer, rapport annuel
- [401] I.E.D.O.M. Institut d'Emission des Départements d'Outre-mer, rapport annuel
- [402] Observatoire Energie Réunion - Bilan énergétique île de Mayotte, année 2008, édition 2009
- [403] DIMENC - Bilan de l'énergie de Nouvelle-Calédonie 2007 à 2009 + coefficients de conversion
- [404] Elf Aquitaine - Communications personnelles chaque année
- [405] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009, Technical report No 9/2009 - chapitre 11.A Volcanoes
- [406] <http://www.volcano.si.edu/>
- [407] OFEFP - Coefficients d'émission des sources stationnaires, édition 2000, page 90
- [409] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook, Part 1A2, table 3-26, May 2009
- [410] SSP - AGRESTE. Données téléchargeables sur : <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/page-d-accueil/article/donnees-en-ligne>.
- [412] ADEME - Communication de M. Erwan AUTRET du 20 octobre 2009
- [413] IPCC - Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories - Background Papers - Annex 1 - Table 2 - CH4 default emission factors, 2000
- [414] EMEP/EEA - Emission Inventory Guidebook, Part B111(S1)-6, December 2006
- [415] SOeS - L'activité pétrochimique en France, Données 2005-2008, Chiffres & statistiques, Publication annuelle
- [416] GIEC - Guidelines for national greenhouse gases inventories », 2006, Vol. 3, chap. 7
- [417] FEDEM - Communication de données annuelles relatives à la consommation de plomb
- [418] E. TRUFFAUT - La fabrication du ferro-manganèse aux hauts-fourneaux en France, Soleils d'Acier, 2004
- [419] EMEP / EEA Guidebook - Chapter B111, page 55, 2006
- [420] ADEME - Les installations de traitement des ordures ménagères, résultats 2008
- [421] CEREN - Bilan national du bois de chauffage à partir des enquêtes Logement de l'INSEE, pluriannuelle
- [422] Observ'ER : Synthèse annuelle du marché (anciennement SER - Brochure annuelle : le chauffage au bois domestique)
- [423] Directive européenne 2002/88/CE relative aux moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers
- [424] INRA INFOSOL - Données issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), 2009
- [425] GALY LACAUX C. - Modification des échanges de constituants mineurs liés à la création d'une retenue hydroélectrique : Impact des barrages sur le bilan de méthane dans l'atmosphère, 1996
- [426] ADEME/MEDDTL/DGPR - Performances de captage de biogaz de décharges, 2010[367] ADEME - Outil de calcul des émissions dans l'air de CH4, CO2, SOx et NOx issues des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés, mars 2003
- [428] SOLAGRO - Note méthodologique : « Note d'estimation des gaz CH4 - CO2 - SOx - NOx des CET », 2002
- [432] GIEC - Guidelines 2006, Volume 5, Chapitre 5, page 5-18
- [433] EMEP/EEA - Emission Inventory Guidebook 2009, Chapter 6Cb Industrial waste incineration, May 2009

- [434] Comité des Plastiques Agricoles (CPA) - Communication personnelle de Claude BERGER, 2010.
- [435] FAO - Dietary Protein consumption per countries (extraction du site FAO 24/10/2010)
- [436] MEDDTL - IREP, Déclarations des industriels (rejets directs en azote)
- [437] GIEC - Good Practice Guidance, Chapter 4, p 4.73
- [438] GIEC - Reference Manual, Chapter 4.5.4, Table 4-24
- [439] IFEN - L'assainissement en France en 1998 et 2001, février 2006
- [440] IFEN/SCEES - Enquête eau et assainissement 2004 dans les collectivités locales, 2006
- [441] EMEP/CORINAIR - Guidebook 1996, Volume 2, page B 9103-2
- [442] ADEME - Les marchés des activités liées aux déchets (publications régulières)
- [443] MEDDTL - Efficacité énergétique du transport maritime, 2008
- [444] EUROSTAT - Tables matricielles croisant le nombre de touchées de navires par Grand Port Maritime par classes de port en lourd et types de navires, 2007
- [445] LLOYD'S - Base de données Seaweb, flotte et caractéristiques techniques des navires, 2007
- [446] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2009 - secteur 1A1b - SNAP 010301/010302/010306 - FE NOx - p 43 à 49
- [447] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2009 - secteur 1A1b - SNAP 010305 - FE NOx - p 50 et 51
- [448] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2009 - secteur 1A1a - SNAP 010304 assimilée à SNAP 010104 et 010105 - FE NOx - p 33 et 34
- [449] CONCAWE - Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries - 2009 edition, p 83
- [450] GIEC - Guide sur les Bonnes Pratiques, 2003, chapitre 2 « Energie », tableau 2.16, page 2.86, « Pétrole conventionnel »
- [451] EMEP EEA Emission Inventory Guidebook - May 2009, Section 1A4, table 3-28
- [452] INSEE - Publication annuelle - Les consommations d'énergie dans l'industrie
- [453] NERI - Heavy metal emissions for Danish road transport, technical report n° 780, 2010
- [454] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook -- Technical report N° 9/2009- 1.A.3.b Road transport (update June 2010)
- [456] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - Technical report N° 9/2009- 1.A.3.b.vi Road tyre and brake wear
- [457] Fédération des industries du verre - Rapport d'activité annuel
- [458] CITEPA - Etude comparative des rejets atmosphériques des principales énergies de chauffage - Avril 2003
- [459] EMEP / EEA Guidebook - édition 2019 - 1A4 Small combustion - FE pour le 1A4b residential (Tables 3-15, 3-16, 3-18)
- [460] Default emission factor Handbook 2nd edition - Janvier 1992 - Commission of european community
- [462] EMEP / CORINAIR Guidebook - Février 1996 - Section « Small consumers »
- [463] EMEP EEA Guidebook - Mai 2009 - Secteur 1A1 - Table 3-7 "Heavy fuel oil"
- [464] EMEP / CORINAIR Guidebook - Mai 2009 - 2A6 - Table 3-1
- [465] INSEE - Statistiques ProdFRA de 2008 à année N-1 - production de panneaux de particules (codes 1621131310 ; 1621122420 ; 1621135000 ; 1621131320)
- [466] Arrêté du 3 octobre 2010 relatif au stockage en réservoirs aériens manufacturés de liquides inflammables exploités dans un stockage soumis à autorisation au titre de la rubrique 1432 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement
- [467] Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC) - Données internes relatives à la composition des matériaux, 2011
- [468] CORPEN - Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux vaches laitières et à leur système fourrager. Influence de l'alimentation et du niveau de production. Groupe "Alimentation animale" Sous groupe « Vaches laitières", 1999
- [469] CORPEN - Estimation des flux d'azote, de phosphore et de potassium associés aux bovins allaitants et aux bovins en croissance ou à l'engrais, issus des troupeaux allaitants et laitiers, et à leur système fourrager, 2001
- [470] CORPEN - Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre, zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites, 2003
- [471] CORPEN - Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre, zinc par les élevages avicoles. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections, 2006
- [472] Ph. Schmidely, F. Meschy, J. Tessiera and D. Sauvant - Lactation Response and Nitrogen, Calcium, and Phosphorus Utilization of Dairy Goats Differing by the Genotype for  $\alpha$ S1-Casein in Milk, and Fed Diets Varying in Crude Protein Concentration. Journal of Dairy Science. Volume 85, Issue 9, September 2002, Pages 2299-2307.
- [473] William MARTIN-ROSSET - Nutrition et alimentation des chevaux. Editions QUAE, 2012
- [476] Biomasse Normandie - Evaluation des quantités actuelles et futures des déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités. Lot 3 : Effluents d'élevage. Rapport final, 2002
- [477] CNIEL, Institut de l'élevage - Observatoire de l'alimentation des vaches laitières. Données 2007
- [478] Fichier réalisé par l'Institut de l'Élevage suite à une extraction des données des PMPOA 1 et 2. Communication du 31/01/2011
- [479] IFIP - Le porc par les chiffres 2009
- [480] Résultats des Enquêtes Bâtiment 1994, 2001 et 2008. Service de la statistique et de la prospective, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement de Territoire
- [481] EMEP/EEA Guidebook - 4B Animal husbandry and Manure Management, 2009
- [482] B. Meda, P. Robin, C. Aubert, C. Rigolot, J.-Y. Dourmad and M. Hassouna, - MOLDAVI: A dynamic model simulating nutrient and energy flows from broiler rearing systems. A paraître dans Animal Sciences
- [483] EMEP/EEA 2006. Manure Management regarding organic compounds. Group 10
- [484] IIASA, Klimont Z, Cofala J, Bertok I, Amann M, Heyes C, Gyarmas F. - Modelling particulate emissions in Europe, A framework to estimate reduction potential and control costs. Interim report IR-02-076. December 2002, table 3.74
- [485] MAAF / SSP - Résultats des Enquêtes Pratiques Culturelles 2000, 2005, 2011, 2017,
- [486] CITEPA - Méthodologie d'estimation des quantités de matière sèche et d'azote contenues dans les résidus de culture en France, 2013.
- [487] EMEP/EEA - 4B Crop production and agricultural soils, 2009
- [488] INERIS - Facteurs d'émission de polluants de feux simulés de déchets et de produits issus de la biomasse, 2011
- [489] ADEME - Enquête nationale sur la gestion des déchets organiques - septembre 2008
- [490] EMEP / EEA - Chapitre 4F Field burning of agricultural wastes, 2009
- [491] ARER/OER (Observatoire Energie Réunion) - Bilan énergétique de la Réunion, Chiffres clés, publication annuelle
- [492] DIMENC - Données internes du gouvernement de Nouvelle-Calédonie relative au bilan énergétique, 2011
- [493] IFN/FCBA/SOLAGRO - Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020, Novembre 2009
- [494] ANMF - Fiches statistiques
- [495] ANSES / AFSSA - Enquête INCA (Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires), 1999
- [496] ANSES / AFSSA - Enquête INCA2 (Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires), 2009
- [497] Direction générale des douanes - importation et exportation du carbure de calcium
- [499] Kreider et al. - Physical and chemical characterization of tire-related particles: Comparison of particles generated using

- different methodologies - Science of total environment, 2010, p 632-659
- [500] ADEME - Véhicules particuliers vendus en France. Evolution du marché, caractéristiques environnementales et techniques. Données et Références. Publication annuelle
- [501] MIQUEL G. - Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport n° 261 du Sénat, avril 2001
- [503] CORPEN - Estimation des rejets d'azote par les élevages avicoles. Groupe alimentation animale, sous-groupe aviculture, 1996
- [504] CORPEN - Estimation des rejets d'azote - phosphore - calcium - cuivre et zinc par les élevages avicoles. Mise à jour des références CORPEN - Volailles de 2006, 2012, 61p.
- [505] IFIP - GTE : Evolution des résultats moyens nationaux
- [506] Haras Nationaux - Chiffres Clés de la filière équine, 2011 - <http://www.haras-nationaux.fr/fileadmin/bibliotheque/chiffres-2011-internet.pdf>
- [507] Haras Nationaux, 2012. Annuaire de la monte 2011 - Chiffres globaux, 2012 - [http://www.haras-nationaux.fr/uploads/tx\\_dlcubeargus/chiffres\\_globaux\\_elevage.pdf](http://www.haras-nationaux.fr/uploads/tx_dlcubeargus/chiffres_globaux_elevage.pdf)
- [508] EUGENE M., DOREAU M., LHERM M., VIALLARD D., FAVERDIN F., SAUVANT D. - Rapport préliminaire du projet MONDFERENT « Emissions de méthane par les bovins en France », 2012, 57p. à paraître.
- [509] EUGENE M. - Outil de calcul accompagnant le rapport préliminaire du projet MONDFERENT « Emissions de méthane par les bovins en France », 2012, non publié.
- [510] SAUVANT D., GIGER-REVERDIN S., SERMENT A., BROUDISCOU L. - « Influences des régimes et de leur fermentation dans le rumen sur la production de méthane par les ruminants » - INRA Prod. Anim., 24, 2011, 429-442
- [511] MEDDE/DEB - Base de Données sur les Eaux Résiduaires Urbaines, 05/03/2012
- [512] ADEME - ITOM : Les installations de traitement des ordures ménagères, résultats 2010
- [513] INERIS - Caractérisation des biogaz - Bibliographie - mesures sur sites, 2002
- [514] EPA - Background information Document for Updating AP42 section 2,4 for estimating Emissions from Municipal Solid Waste Landfills, 2010
- [515] ADEME - Communications personnelles, 2000-2002
- [516] ADEME - ITOM 6 : sixième inventaire des installations de traitement, de transit ou de mise en décharge de déchets ménagers et assimilés en France, 1995, p. 35
- [517] Syndicat national du charbon de bois - Données annuelles internes
- [518] Fédération nationale du bois - Données internes à partir de 2009
- [519] Environnement Canada - Division des gaz à effet de serre - " La production d'aluminium de première fusion - Guide pour l'estimation des gaz à effet de serre produits par des systèmes de combustion et des procédés industriels ", mars 2004
- [520] ERelE - Inventaires d'émissions de gaz fluorés dans le secteur d'activité des mousses d'isolation - résultats, novembre 2012
- [521] GSK - GlaxoSmithKline - communication annuelle de données internes
- [522] Arrêté du 22 septembre 2005 relatif à la réception des moteurs destinés à être installés sur les engins mobiles non routiers
- [523] US EPA - AP42 Ch.11 - Mineral product industry & Ch. 13 - Miscellaneous sources, 1995.
- [525] Arrêté du 31 octobre 2012 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour sa troisième période (2013-2020)
- [526] Données fournies par des producteurs de sucre, juillet 2009
- [527] SNFS (Syndicat National des Fabricants de Sucre) - Données internes, octobre 2012
- [528] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories - 2006, Chapitre 4 : Metal Industry Emissions, p4.65
- [529] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories de 1996 - Page 2.7
- [530] BREF Fabrication des polymères, Août 2007 - Chapitre PVC - p. 107 et 108
- [532] SSP - Mémento Agreste Filière Forêt-Bois édition 2012
- [533] IGN - Communication personnelle, septembre 2012
- [534] ONF - Communication personnelle, septembre 2012
- [535] Chambre d'Agriculture de la Somme - Epandage des produits organiques, Cahier Technique, Annexe 2, Août 2010
- [536] CITEPA/MEDDE - Enquête auprès des exploitants d'ISDND sur les quantités de déchets stockés, 2012
- [537] ADEME - Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets, 2005
- [538] EMEP/EEA emission inventory guidebook 2016 - Chapitre 2.C.2 Ferroalloys production
- [539] USGS Minerals Information - Aluminium
- [540] Guide EMEP/EEA 2013 - Chapitre 2.C.3
- [541] <http://ledialoguesurlaluminium.com/laluminium/sa-fabrication/laluminium-de-premiere-fusion>
- [542] PULLES T. et al. - Emission factors for heavy metals from diesel and petrol used in European vehicles, Atmospheric Environment 2012, n° 61, pp 641-651
- [543] EMEP/EEA - Air Pollutant Emission Inventory Guidebook - Technical report N° 12/2013 - 1.A.3.b.vi Road tyre and brake wear
- [544] EMEP/EEA - Air Pollutant Emission Inventory Guidebook -- Technical report N° 12/2013 - 1.A.3.b Road transport
- [545] EEA - Données annuelles relatives à la surveillance des émissions de CO2 des véhicules particuliers en application du règlement 443/2009
- [546] Observatoire national interministériel de la sécurité routière - Bilans annuels de la sécurité routière en France
- [547] ANDRE M. et al. - Statistiques de parcs et trafic pour le calcul des émissions de polluants des transports routiers en France, rapport provisoire de l'IFSTTAR, 2013
- [548] MEDDE/CGDD/SOeS - Enquêtes annuelles sur le transport routier de marchandises (TRM)
- [549] MEDDE/CGDD/SOeS - Le transport collectif routier de voyageurs (publication annuelle)
- [550] MEDDE/CGDD/SOeS - Enquêtes sur l'utilisation des VUL (publication quinquennale depuis 1986)
- [551] MEDDE/CGDD/SOeS - Enquête sur l'utilisation des deux-roues motorisés, 2012
- [552] DOUANES - Données annuelles de mise à la consommation d'agro-carburants issues des déclarations relatives à la TGAP (données non publiques)
- [553] EMEP/EEA - Emission Inventory Guidebook 2013 - 1.A.3.c Railways
- [554] Buckowiecki et al. - Iron, manganese and copper emitted by cargo and passenger trains in Zürich (Switzerland): size-segregated mass concentrations in ambient air, 2006
- [555] EMEP/EEA - Emission Inventory Guidebook 2016 - 1.B.2.c -Tier 1 - Venting and flaring (p 9 - table 3-1)
- [556] Base aérienne 702 - communication de données internes, octobre 2013
- [557] Société Française de Radiothérapie Oncologique - Livre blanc de la radiothérapie en France, 2013
- [558] GTT - communication de données internes, 2013
- [559] Service statistique du Ministère en charge de l'environnement - SDES (ex SOeS et ex Observatoire de l'énergie) - Logement et construction Sit@del2 (publication annuelle)
- [560] EMEP/EEA - Emission Inventory Guidebook 2013 - 1A2 Cement production (table 3-24)
- [561] CFA - Comité Français des Aérosols - Estimation des ventes d'aérosols de crème chantilly en France et quantité de N2O contenu dans un boîtier, 2013
- [562] EMEP / CORINAIR Guidebook 1999, section B146-11 coke oven furnaces, table 8-2
- [563] ADEME/ATEE/ Club Biogaz - Etat des lieux de la filière méthanisation en France (rapport finalisé sept. 2011), page 44, 2011
- [564] ADEME/ATEE/ Club Biogaz - Etat des lieux de la filière méthanisation en France (rapport finalisé sept. 2011), pages 25-26, 2011
- [565] EMEP / EEA - Emission Inventory Guidebook 2023 - 5.C.1.b.v Cremation (p9 - table 3-1)
- [566] DIRECTION DE LA SECURITE CIVILE - Services d'incendie et de secours, statistiques annuelles

- [567] ADEME - Amélioration de la connaissance des émissions atmosphériques liées aux brûlages de véhicules - contribution de cette source à l'inventaire national d'émissions, 2013
- [568] EMEP / EEA - Emission Inventory Guidebook 2013 - 5.E Other Waste, Tier 2 Emissions factors, car fires (p.6)
- [569] EMEP/EEA 2013 - 6.C Industrial waste incineration including hazardous waste and sewage sludge (page 11, table 3-2)
- [570] EMEP / EEA 2013 - 6.C Industrial waste incineration including hazardous waste and sewage sludge (page 10, table 3-1)
- [571] EMEP / EEA 2023 - 5.C Clinical waste incineration (page 8, table 3-1)
- [573] Tinus et al. - Atmospheric Environment 61, 2012, 641-651
- [574] EMEP / EEA 2013 - 1A4 Non-road mobile source & machinery, Table 3-1 (Tier 1)
- [575] EMEP / EEA 2013 - 1A4 Small combustion, Table 3-13
- [576] EPA - AP 42 Compilation of air pollutant emission factors, version en vigueur en Août 2013
- [577] California Air resources Board - CATEF (California Air Toxics Emission Factor) - Base de données (<http://www.arb.ca.gov/ei/catef/catef.htm>), Facteurs d'émission pour les HAP
- [578] Brasseurs de France - Statistiques de vente 2006-2010 ([www.brasseurs-de-france.com](http://www.brasseurs-de-france.com)), novembre 2013
- [579] EMEP/EEA 2013 - Section 2.H.2 Food and beverages industry
- [580] EMEP / EEA Mai 2009 - Secteur 1A4, Tables 3-22, 3-28 et 3-20
- [583] EMEP / CORINAIR Guidebook 1996 - section B333-6
- [584] CITEPA - Technical note on BAT in iron foundry industry, 1992, page 34
- [585] EMEP / CORINAIR Guidebook 1996 - section B339-5
- [586] Guidebook EMEP/EEA 2013 Part B - Section 2C7a Copper production - Table 3.2
- [587] EPA - AP42, Janvier 1995, tableau 12.12-1
- [588] EMEP / CORINAIR Guidebook 1999 - section B427-5 à 7
- [589] EMEP / EEA 2013 - Section 2.C.7.b Nickel production, Table 3.1
- [590] GIEC - Guide sur les Bonnes Pratiques, 2003, chapitre 4, table 4.6
- [591] MEDDE - Evaluation des quantités actuelles et futures de déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités, 2002, p 51-52. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.biomasse-normandie.org/IMG/pdf/rapport.pdf>.
- [592] Mestrapports, Vlaamse Landmaatschappij - Disponibles à l'adresse suivante : <https://www.vlaanderen.be/publicaties/mestrapport>
- [593] EMEP / CORINAIR Guidebook 1996 - section B146-6
- [594] IGN - <http://inventaire-forestier.ign.fr/>
- [595] VALLET et al - Development of total aboveground volume equations for seven important forest tree species in France, 2006
- [596] ANDERSEN A. - Biomasse Normandie. Le chauffage domestique au bois - Approvisionnement et marchés. Réalisée pour l'ADEME, 1999
- [597] Les cahiers du CLIP - La ressource en bois énergie, n°3 Octobre 1994
- [598] AFOCEL - CTBA - Communication personnelle
- [599] GUERIN F. - Emission de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>,CH<sub>4</sub>) par une retenue de barrage hydroélectrique en zone tropicale (Petit-saut, Guyane française) : expérimentation et modélisation. Thèse soutenue en 2006
- [600] DESCLOUX - EDF - Mise à jours de données de la thèse de F. GUERIN pour le barrage de Petit-Saut, 2013
- [601] DRAAF Réunion - Surfaces incendiées annuellement sur l'île de La Réunion
- [602] ONF - Université de Louvain - Analyse du réseau RENECOFOR, 2013
- [603] GIEC - Guidelines for national greenhouse gases inventories », 2006, Vol. 3 chap.4.7, paragraphe 4.7.2.2, p 4.80
- [604] Commission européenne - Règlement UE N°601/2012 du 21 juin 2012 relatif à la surveillance et à la déclaration des émissions de gaz à effet de serre au titre de la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil
- [605] ADEME - Déchets / Chiffres clés, édition 2014
- [606] GIEC - Guidelines 2006, Volume 5 Déchets, Chapitre 3
- [607] GIEC - Guidelines 2006, Volume 5, Chapitre 3, Table 3.2
- [608] MEDDE - Bureau de la Planification et de la Gestion des Déchets - Plan déchets 2014-2020, selon les hypothèses d'application du scénario de prospective tendancielle à l'horizon 2025
- [609] IGN - GEOFLA
- [610] INSEE ([www.insee.fr](http://www.insee.fr))
- [611] IEDOM/IEOM ([www.iedom.fr](http://www.iedom.fr) / [www.ieom.fr](http://www.ieom.fr))
- [612] Commission européenne - Annexe 1 aux lignes directrices DAU (TAXUD/1619/08 rev.3.4): Liste des pays de l'Union européenne, novembre 2013
- [613] GIEC - Lignes directrices 2006 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - Volume 3 Procédés industriels et utilisation des produits - Chapitre 2 - section 2.2
- [614] Lignes directrices du GIEC - Version 2006 - Chapitre 2 : émissions dans l'industrie minérale - tableau 2.4
- [615] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 5, Chapitre 6, Tables 6.2, 6.3, 6.4
- [616] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 5, Chapitre 6, Wastewater treatment and discharge, 6.3.1.2 choice of emission factors
- [617] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 5, chapitre 2, table 2.4
- [618] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 2, chapitre 2.1
- [619] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 5, chapitre 5, table 5.3
- [620] GIEC - Lignes directrices 2006, Chapitre 5, table 5.6
- [621] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 5, Chapitre 5, table 5.2
- [622] INSEE - Indice de la production industrielle - Produit détaillé dans les industries manufacturières
- [623] GIEC - Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)
- [624] GIEC - Lignes directrices 2006, Chapitre 3, Combustion mobile, Table 3.3.1 et 3.2.2
- [625] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook - Table 3-24 cement production - 1A2, Edition 2013
- [626] EMEP/EEA Emission inventory guidebook - Edition 2013 - Chapitre 1.B.1.b Fugitive emissions from solid fuels ; solid fuel transformation, Section 3.2.2, table 3-1 Tier 1 emission factors
- [627] GIEC - Lignes directrices 2006, Chapitre 4, Fugitive emissions, Table 4.2.4, p4.50
- [628] EMEP / EEA 2013 - Section 1.B.2.a.v Distribution of oil products, p.17
- [629] Transport Infrastructure Gaz France (TIGF) - Données internes, avril - octobre 2014
- [630] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - Technical report N° 12/2013- 1.A.3.b.v Gasoline evaporation
- [631] OREC (Observatoire Régional de l'Energie et du Climat) créé en 2013 - Bilan énergétique de la Guadeloupe, publication annuelle
- [632] OREDD (Observatoire Régional de l'Energie et du Développement Durable) créé en 2008 - Bilan énergétique de la Guyane, publication annuelle
- [633] OMEGA (Observatoire Martiniquais de l'Energie et des Gaz à effet de serre) créé en 2013 - Bilan énergétique de la Martinique, publication annuelle
- [634] COGO Base Carbone du 19 septembre 2012 - PCI anhydre moyen du bois
- [635] IPCC - 2006 Guidelines for National Greenhouse gas Inventories - Volume 2 - chapitre 1 - table 1.2
- [637] EMEP/EEA Guidebook - édition 2019 - 1A1 Energy industries - Appendix C sulphur content in fuels - contenu en soufre du gaz de haut fourneau (blast furnace)
- [638] IPCC - Guidelines 2006 - Volume 2 - section 1.8 - table 1- 4 (CO<sub>2</sub>) ; Volume 2 - tables 2.2, 2.3, 2.4 et 2.5 (CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O)
- [639] Données internes Gaz de France basées sur des mesures
- [641] IPCC - Guidelines 2006 - Volume 3 - Industrial Processes and product Use - Chapter 1: Introduction
- [642] EMEP/EEA guidebook, 1A3b road transport, version 2013 updated 09/2014
- [643] Commission Européenne - BREF Incinération des déchets p406 et 412 - Août 2006
- [644] Direction générale des douanes - importation et exportation d'urée - Donnée annuelle <https://lekiosque.finances.gouv.fr>

- [645] IPCC - Guidelines 2006 - Volume 2 - Chapitre 3 Combustion sources mobiles, Table 3.3.1
- [646] IPCC - Guidelines 2006 - Volume 2 - Chapitre 2 Combustion sources fixes, Table 2.5
- [647] EMEP EEA Guidebook - mai 2009 - Secteur 1A4, table 3.22
- [648] F2 Chemicals - Communication de données internes annuelles
- [649] ADEME - Déclaration des flux de SF6 dans le secteur des équipements électriques
- [650] Oko-Recherch - « SF6 Bestand und Emissionen aus Teilchenbeschleunigern », 2012
- [651] INRA - communication de données internes, 2014
- [652] IRSN - communication de données internes, 2014
- [653] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 3, Chapitre 5, section 5.2.2.2
- [654] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 3, Chapitre 5, section 5.3.2.2
- [655] Aubert et Coutelet, 2013, Les rejets d'azote et de phosphore par les élevages de lapins : évolution et perspectives. TeMA n°28 - octobre/novembre/décembre 2013
- [656] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 4, Chapitre 10
- [657] CIV, 2012. Alimentation des bovins : rations moyennes et autonomie alimentaire
- [658] INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins - Besoins des animaux - Valeurs des aliments - Tables INRA 2007
- [660] MétéoFrance, [www.meteofrance.com](http://www.meteofrance.com)
- [661] EcoSecurities - CITEPA, 2007. Méthodologie spécifique pour les projets de Méthanisation des effluents d'élevage
- [662] Enquêtes TERUTI, 1992-2003, Service Statistique et Prospective du Ministère de l'Agriculture.
- [663] La culture du riz en Camargue <http://www.rizdecamargue.com/section/culture/une-r%C3%A9gion-un-m%C3%A9tier>
- [666] Bilan de l'énergie Outre-mer annuel compilé par le CITEPA
- [667] Gasoline Aviation Designation, DERD 2485, 91-90/Issue 1, 8 May 1996
- [668] Edition annuelle du Bilan RSE SNCF
- [669] GIEC - Guidelines 2006, Volume 2, Chapitre 3
- [670] Commission des Comptes et Transports de la Nation (CCTN), Les transports, éditions annuelles. Section transport de marchandises - Tableau E.4.c
- [671] EMEP/EEA Emission inventory Guidebook 2013, Navigation section
- [672] GIEC 2006 - Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4
- [673] IGN - ONF Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol entre 1990 et 2012, Novembre 2014
- [674] Carbone 4. Méthode opérationnelle de comptabilisation des produits-bois dans l'inventaire national GES, Juin 2014.
- [675] Emission factors for heavy metals from diesel and petrol used in European vehicles - Table 6. Atmospheric environment 61 (2012) 641-651. Pulles et al.
- [676] Guide méthodologique E-PRTR de déclaration des rejets polluants des sites thermiques à flamme
- [677] CONCAWE - Air Pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries, 2009 edition, HAP unece pour le gaz de raffinerie (p78 - table 29)
- [678] Guidebook EMEP-2009 p.122
- [679] Caractéristiques des gisements de gaz naturel <http://www.societechimiquedefrance.fr/extras/Donnees/archive/s/donnees%206eme%20edition%201994/produits%20organiques/gaznaturel.htm>
- [681] Emissions of Black carbon and Organic carbon in Norway 1990-2011
- [682] FE CO2 par défaut du transport aérien, CENWG10 EG 5 : "Default values for air transport" - FNAM, Date: 11/02/2010
- [683] CEFIC - European Chemical Industry Council. Communication de données sectorielles pour le nettoyage à sec et le dégraissage.
- [684] INSEE - Données statistiques sur les productions de produits à base de solvants ou aqueux (peintures, encres, etc.) (ProdFRA de l'année 2009 à n-1)
- [685] Direction générale des douanes et droits indirects - Données imports/exports
- [686] ADEME - Panorama du marché du polyuréthane et état de l'art de ses techniques de recyclage (février 2014)
- [687] CITEPA - Mise à jour des données relatives aux moyens de réduction des émissions de pentane issues de la transformation du polystyrène expansé. Citepa, 2015
- [688] ADEME - Observatoire des Fluides Frigorigènes
- [689] Etude isoLafrance sur la production de polyuréthane projeté <http://www.association-technique-polyurethane-proiete.fr/>
- [690] BASF - Communication confidentielle annuelle
- [691] Lignes directrices du GIEC 2006 - Volume 3 - Chapitre 7 - Tableaux 7.6 et 7.7
- [692] GIFAM - Communication confidentielle annuelle
- [693] Siemens - informations sur le taux d'émission de HFC lors du recyclage
- [694] DuPont - Communication annuelle de données internes
- [695] Solvay - Communication annuelle de données internes
- [696] Schneider Electric - taux de perte vidange du SF6 des équipements en fin de vie
- [697] BORT R., ANDRE J.-M., SERVEAU L. - Guide méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs - CITEPA, 2013
- [698] SSP - AGRESTE. PRODCOM - Production commercialisée des produits des IAA. Données téléchargeables sur : <https://stats.agriculture.gouv.fr/disar-web/accueil.disar>
- [699] Projet CORTEA EMICER : Estimation des émissions liées à la manutention et au séchage des céréales. Note du CITEPA 2015
- [701] MEDDE /CGDD /Ministère des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme/SES. Mémento de statistiques des transports - Résultats de 1980 à 2014, éditions bisannuelles. Chapitre 6 Navigation inférieure - Tableau 6.5.1.
- [704] Institut de l'élevage - Communication des poids moyens relatifs aux ovins en France. 2015
- [705] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, vol. 3, chap. 3, page 3.75
- [706] IFA - FAO - Estimation des émissions gazeuses de NH3, NO et N2O par les terres agricoles à l'échelle mondiale - édité en 2003
- [707] MAAPRAT / SSP - Résultats des Enquêtes Pratiques Culturales 2006 (viticulture), Résultats des Enquêtes Viticulture 2013
- [708] AMADEPA - Le brûlage de la canne à sucre en Martinique : évolution, motivations, impacts. De la nécessité d'un engagement collectif, 2007
- [709] CIRAD - LA canne à sucre et l'environnement à la Réunion, 2005
- [710] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 4, Chap. 12
- [712] A3M - Communication de données annuelles relatives à la consommation de plomb
- [713] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B section 2C Lead production
- [714] Recytech - Communications annuelles
- [715] Routes de France, anciennement USIRF (Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française) - Les produits de l'industrie routière. Publication annuelle
- [717] CITEPA - Analyse réglementaire relative aux émissions atmosphériques des installations de production d'enrobés routiers. Rapport d'étude et base de données B11. Janvier 2016, confidentiel
- [718] Marland, E. S., Stellar, K. & Marland, G. H. A distributed approach to accounting for carbon in wood products. Mitigation Adapt. Strat. Glob. Change 15, 71:91 (2010).
- [719] INRA, Unité Infosol, Base de données géographique des sols de France, 1999.
- [720] Cubizolle, H., Mouandza, M. M., & Muller, F. (2013). Mires and Histosols in French Guiana (South America): new data relating to location and area. Mires and Peat, 12(3), 1-10.
- [721] Robert C. 2016, Comprendre les changements d'utilisation des terres en France pour mieux estimer leurs impacts sur les émissions de gaz à effet de serre. De l'observation à la modélisation. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris-Diderot, ADEME-CITEPA-LADYSS, 530p

- [722] JRC, Carte des zones climatiques en Europe, d'après le Giec.  
<http://euoils.jrc.ec.europa.eu/projects/RenewableEnergy/>
- [723] base de données sur les incendies de forêt (BDIFF).  
bdiff.ifn.fr
- [724] SDIS974, Dispositif de lutte contre les feux de forêts à La Réunion Saison 2015. Présentation du dispositif de lutte contre les feux de forêts. Mercredi 7 octobre 2014  
[http://www.sdis974.re/fileadmin/user\\_upload/les\\_rencontres\\_d\\_e\\_la\\_securite\\_2015/2015\\_DISPOSITIF\\_FEUX\\_DE\\_FORET\\_dossier\\_d\\_e\\_presse.pdf](http://www.sdis974.re/fileadmin/user_upload/les_rencontres_d_e_la_securite_2015/2015_DISPOSITIF_FEUX_DE_FORET_dossier_d_e_presse.pdf)
- [725] Feux de végétation - d'après l'état-major de la zone de défense de Guyane  
<http://www.guyane.pref.gouv.fr/Politiques-publiques/Protection-de-la-population/Enseignements-et-evenements-reels/Les-feux-de-vegetations-en-Guyane-et-retour-d-experience>
- [726] Orientations Forestières du Département de Mayotte Préfigurant le Programme de la Forêt et du Bois du Département de Mayotte, 2015.  
Voir pages utilisées dans l'onglet DOM, section Mayotte  
[http://www.mayotte.pref.gouv.fr/content/download/4924/4177/8/file/OFDM-PFBDM%20Mayotte\\_versionFinale.pdf](http://www.mayotte.pref.gouv.fr/content/download/4924/4177/8/file/OFDM-PFBDM%20Mayotte_versionFinale.pdf)
- [727] Eurobitume - European bitumen consumption statistics. Publication annuelle depuis 2008
- [728] ToiturePro - Bardeaux d'asphalte, Description du produit - <https://www.toiturepro.com/revetement/bardeau-d-asphalte>
- [729] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B, 2.D.3.c Asphalt roofing
- [730] R. Sonan Occho. CCCFA. adblue® pour véhicules légers diesel (véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers). Réunion UIP/CCFA - Octobre 2014
- [731] GIEC, IPCC Waste Tool (modèle de cinétique de dégradation d'ordre 1 des déchets)
- [732] GIEC - Guidelines 2006, Volume 5, Chapitre 2, Table 2.4
- [733] Rhodia - Communication de données confidentielles. Octobre 2002
- [734] SESSI/INSEE - Enquêtes (2006, 2008, 2012) sur la production des déchets dans l'industrie
- [735] EMEP/EEA 2013 - 5A Biological treatment - Solid waste disposal on land
- [736] ADEME - Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage - connaissances acquises et synthèse bibliographique
- [737] SYPRED - Panorama de la gestion des déchets dangereux (tonnages traités en France de 2012 à 2019)
- [738] GIEC - Lignes Directrices 2006, Volume 5, chapitre 5, paragraphe 5.4.2
- [739] Jared Downard & al. - Uncontrolled combustion of shredded tires in a landfill Part 1 : characterization of gaseous and particles emissions, 2015
- [740] EMEP / EEA Emission inventory guidebook 2013 - 2.B Chemical industries
- [741] EMEP / EEA Emission inventory guidebook 2023 - 5.C.2 Open burning of waste / Table 3-1 : Tier 1 Emissions factors for small scale burning
- [742] Pechiney - Vérification des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre de l'Engagement Volontaire AERES -Périmètre France Années 2001, 2002 et 2003. Octobre 2004
- [743] GIEC - Lignes Directrices 2006, Volume 5, chapitre 5, paragraphe 5.2.1.1, equation 5.2
- [744] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B section 2C Aluminium production
- [745] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B section 2D3b Road paving with asphalt
- [746] IIASA - Interim report: Primary Emissions of Submicron and Carbonaceous particles in Europe and the Potential for their Control - Kaarle Kupiainen, Zbigniew Klimont, 2004
- [747] EMEP / EEA Mai 2009 - Secteur 1A4, Table 3-9 « Other liquid fuels »
- [748] UNEP - Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases. Edition 2.1 - Décembre 2005 - UNEP Chemicals - Table 35, 37, 48, 50
- [749] INSEE - Statistiques ProdFRA
- [750] MEDDE - Publication "Vers l'interdiction du perchloréthylène en France" - Aout 2013
- [751] CEMAGREF -Le lagunage naturel, leçons tirées de 15 ans de pratiques en France (96/0219), 1997
- [752] Ministère de l'environnement - Base de Données sur les Eaux Résiduaires Urbaines
- [753] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2A1 Cement production - table 3.1
- [754] US EPA - AP 42 - 5ème édition, Volume 1 - Chapter 11.6 : portland cement manufacturing
- [755] IIASA - A framework to estimate the potential and costs for the control of fine particulate emissions in Europe, Interim Report IR-01-023 - 2001.
- [756] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1A2 Manufacturing industries and construction - table 3.3 Tier 1 emission factor for 1A2 combustion in industry using gaseous fuels
- [757] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2A3 Glass Production, tables 3.2 à 3.7
- [758] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2A2 Lime Production, table 3.1
- [759] <http://outils.ifip.asso.fr/CritStand/CourbeCroit/Defaut.aspx>
- [760] Agreste, 1999. La cuniculture française - Enquête cuniculture 1994. Les cahiers de l'Agreste novembre 1999 n°42 et 43.
- [761] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1.A.2 Manufacturing industries and construction (combustion), tables 3-2 à 3-5
- [762] Methodology report on the calculation of emissions to air from the sectors Energy, Industry and Waste, as used by the Dutch Pollutant Release and Transfer Register - National Institute for Public Health and the Environment - RIVM Report 2016-0055 - page 48
- [763] GIEC - Guidelines 2006, Volume 3, Chapitre 2, Industrial industry - Table 2.1
- [764] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1.A.1 Energy industries, table 3-2 Tier 1 emission factors for source category 1.A.1.a using hard coal
- [765] HOULLIER C. et CROZET B. - Analyse critique des méthodes utilisées par différents pays pour établir leurs inventaires nationaux d'émissions de dioxyde de carbone - mai 1992, CITEPA
- [766] Rapport CARBOFOR - teneur moyenne en carbone du bois (page 65), Juin 2004
- [767] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1.B.1.b Fugitive emissions from solid fuels - Solid fuel transformation, Table 3-1 Tier 1 emission factors for source category 1.B.1.b Solid fuel transformation
- [768] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 1.A.1 Energy industries, table 3-5 Tier 1 emission factors for source category 1.A.1.a using heavy fuel oil
- [769] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2.C.1 Iron and steel production, Table 3.1 Tier 1 emission factors for source category 2.C.1 Iron and steel production
- [770] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, section 2.C.2 Ferroalloys production, Table 3.1 Tier 1 emission factors for source category 2.C.2 Ferroalloys production
- [771] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 3\_1\_Chapitre 1\_Introduction, Box 1.1
- [772] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 3\_5\_Chapitre 5\_Non energy products from fuels and solvent use, paragraphe 5.5 Solvent use
- [773] EDF - Electricité de France - rapport annuel « Développement Durable »
- [774] Enertime - Base de données système ORC en France, 2016
- [775] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Table 3-28 p63 et Table 3-30 p65
- [776] Communication personnelle de COOP de France Déshydratation sur les données de production et de consommation d'énergie pour le secteur de la déshydratation de fourrage vert



- [777] Méthode de Quantification des Flux Annuels des Unités de Déshydratation des Fourrages pour les Polluants du Registre E-PRTR - Etude LRD/Citepa - Février 2021 - ETUDE CONFIDENTIELLE
- [778] Rapport de synthèse réglementaire - Impact du préfanage à plat sur les rejets de polluants atmosphériques des installations du secteur de la déshydratation - Etude LRD/CITEPA - Juillet 2010 - ETUDE CONFIDENTIELLE
- [779] MISE A JOUR DU FACTEUR D'EMISSION DES COVNM DES INSTALLATIONS DE DESHYDRATATION DE FOURRAGE UTILISE DANS LE CADRE DE L'ARRETE GEREP - CITEPA pour COOP de France - Avril 2016 - ETUDE CONFIDENTIELLE
- [780] Compte rendu de la CITEPA (Laëtitia SERVEAU) de la réunion dans les locaux de COOP de France déshydratation avec Yann MARTINET du 24 août 2016
- [781] Données communiquées par COOP de France déshydratation (Yann MARTINET) par mail le 20 juillet 2016
- [782] Mail reçu de COOP de France déshydratation (Yann MARTINET) du 24/08/2016 sur deux rapports d'essai réalisés sur les particules en termes de granulométrie - ETUDE CONFIDENTIELLE
- [783] Méthode GRDF pour déterminer les émissions de méthane du Réseau de distribution de gaz naturel en France
- [784] Méthode GRTgaz pour déterminer les émissions de méthane du Réseau de transport de gaz naturel en France, GRTgaz, 17/10/2016
- [785] Méthode TIGF pour déterminer les émissions de méthane du Réseau de transport de gaz naturel en France, TIGF, mail 04/14/2016
- [786] Evaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. RMT Elevages et Environnement, 2015, Paris, 26 pages.
- [787] Guide EMEP/EEA 2013 - Chapitre 1A3a - Aviation
- [788] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP). Observatoires volcanologiques  
<http://www.ipgp.fr/fr/ovpf/activite-recente-piton-de-fournaise>  
[http://www.ipgp.fr/sites/default/files/liste\\_activite\\_fournaise\\_1\\_998\\_2016\\_0.pdf](http://www.ipgp.fr/sites/default/files/liste_activite_fournaise_1_998_2016_0.pdf)  
<http://www.ipgp.fr/fr/ovsg/soufriere-de-guadeloupe>  
<http://www.ipgp.fr/fr/ovsm/montagne-pelee>
- [789] Agreste, L'essentiel du recensement agricole 2010 - Mayotte
- [790] Schéma directeur de l'aménagement agricole et rural de Mayotte, 2009.
- [791] FAO, Evaluation des ressources forestières mondiales 2010 - Mayotte
- [792] Base de données OMINEA
- [793] Rigolot C., Espagnol S., Pomar C., Dourmad J.Y., 2010a. Modelling of manure production by pigs and NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions. Part I: animal excretion and enteric CH<sub>4</sub>, effect of feeding and performance. *Animal*, 4, 1401-1412
- [794] SAUVANT D., GIGER-REVERDIN S. - « Modélisation des interactions digestives et de la production de méthane chez les ruminants » - INRA Prod. Anim., 22, 2009, 375-384
- [795] SIMPSON D. Inventorying emissions from nature in Europe. *Journal of Geophysical Research*. 1999
- [796] EUGENE M., MANSARD L. - Rapport final du projet MONDFERENT 2 « Emissions de méthane entérique et MOND des petits ruminants en France », 2015, non publié.
- [797] EUGENE M., MANSARD L. - Outil de calcul accompagnant le rapport du projet MONDFERENT 2 «Emissions de méthane entérique et MOND des petits ruminants en France», 2015, non publié.
- [798] Base de données SINOE - ADEME
- [799] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 4, Chapitre 11
- [800] Groot Koerkamp, 1993. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling.
- [801] Acquisition de facteurs d'émissions d'ammoniac en élevages de volailles - Rapport final. ITAVI/ADEME. 11 décembre 2015. P. 30/45
- [802] Clement and Tashiro (1991). Forest fires as a source of PCDD and PCDF. 11th International Symposium on Chlorinated dioxins and related compounds, 1991
- [803] Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030. ADEME. Juillet 2013
- [804] Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol
- [805] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 4, Chapitre 5
- [806] RTE Guyane - Référentiel Technico-Economique agricole, 2002 et 2012
- [807] Fiches d'Itinéraires Technique - Chambre d'Agriculture de Martinique, 2014
- [808] Base de données Corine Land Cover, Agence Européenne pour l'Environnement
- [809] Options for Ammonia Mitigation - Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen
- [900] EMEP 2016, Chapitre 3D - Crop production and agricultural soils.
- [901] Composition des effluents porcins - Institut Technique du Porc, 2005
- [902] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 4, Chapitre 2
- [903] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 2, Chapitre 3.6
- [904] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.3.b.vi-vii Road tyre and brake wear
- [906] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Update July 2017 - 1.A.3.a Aviation
- [907] Données locales d'énergie (gaz) - <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-locales-denergie/#>
- [908] Données locales d'énergie (électricité) - <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-locales-denergie/#>
- [910] Réseau RASTA (Réseau d'Aides Scientifiques et Techniques des Accélérateurs) - <http://rasta.free-hosting.fr/partenaires>
- [912] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 11.C Other natural sources B111000 Lightning 2023
- [913] INSEE - Code officiel géographique au 1er janvier 2017 - <https://www.insee.fr/fr/information/2666684#titre-bloc-23>
- [914] JO (UE) - RÈGLEMENT (UE) 2016/2066 DE LA COMMISSION du 21 novembre 2016 - <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R2066&amp;from=FR>
- [915] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.3.c Railways
- [916] INSEE - Statistiques ProdFRA de 2008 à année N-1 - production d'éthanol (codes 2014740000-Alcool éthylique non dénaturé, >= 80 % en volume, non rectifié et 2014750000-Alcool éthylique et eaux de vie dénaturés, de tous titres)
- [917] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2H2 Food and Beverages industry, table 3-7 FE COVNM de la fermentation
- [918] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 1999 - Group04 Production process, page B4510-4, table 8.1
- [919] EMEP EEA Guidebook version 2013 - 2B Chemical Industry, tables 3-41 et 3-42 (FE poussières)
- [920] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2A1 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1
- [922] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2A3 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1
- [923] Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC, Switzerland.
- [924] COPACEL - Statistiques annuelles sur la production de pâte à papier
- [925] Guidebook EMEP 2016- Chapter 2H1 Pulp and paper industry - Tier 2 (table 3.2, 3.3 et 3.4)
- [926] BREF "pulp and paper production" - Best available techniques (BAT) - Reference document for the production of pulp, paper and board - 2015
- [927] Décision du 26/09/2014 établissant les conclusions sur les MTD pour la production de pâte à papier, de papier et de carton
- [928] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2A5c - storage, handling and transport of mineral products
- [929] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2A2 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1

- [930] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 2.C.7.a Copper production - Section 3.3.2 Technology-specific emission factors - Table 3-2 and 3-3
- [931] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.B.2.c Venting and flaring, table 3-1
- [932] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.1 Energy industries, tables 4-5 et 4-6, FE TSP pour le gaz naturel et le FOD
- [933] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.1 Energy industries, tables 4-8, FE BC pour les moteurs au FOD
- [934] Concawe - report 9/16 Emission factors for metals from combustion of refinery fuel gas and residual fuel oil - Table 1 pour le gaz de raffinerie
- [935] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1A4 Non-road mobile sources and machinery, table 3-1 (Tier 1)
- [936] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.1 Energy industries, tables 3-2 / 3-4 / 3-5 / 3-6 / 3-7 / 3-11 / 3-19, FE TSP et BC
- [937] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 1.A.2 Combustion in manufacturing industries and construction - Table 3-13
- [938] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1A4 Non-road mobile sources and machinery, Appendix E, Fraction black carbon pour EMNR diesel (moyenne entre <130kW et >130kW selon les normes)
- [939] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.1 Energy industries, tables 3-2 / 3-3 / 3-4 / 3-5 / 3-6, FE TSP, CO et COVNM
- [940] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.4 Small combustion, tables 3-23 / 3-24 / 3-25 / 3-27 / 3-29 / 3-30 / 3-31 pour FE NOx, TSP, CO et COVNM et tables 3-3 / 3-6 / 3-10 pour FE NH3
- [941] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, section 2.D.3.i, 2.G Other solvent and product use, table 3-5
- [942] INSEE - Données statistiques sur les productions de produits inorganiques (ProdFRA de l'année 2009 à n-1)
- [943] FAO - site internet FAOSTAT - Statistiques sur la production d'engrais phosphatés
- [944] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Chapter 1.A.2 Combustion in manufacturing industries and construction - Table 3-17
- [945] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.B Chemical industry, table 3.7
- [946] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.B Chemical industry, table 3.30
- [947] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Section 2.C.7.b Nickel production - Table 3.1
- [948] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Section 2.B.10.a other chemical industry - Table 3.35
- [949] République Française - Circulaire du 14 avril 1962 relative à l'évacuation et au traitement des ordures ménagères
- [950] 2006 IPCC Guidelines, Volume 3 chapter 4 table 4.7 (pp 4.39)
- [951] Best Available Techniques (BAT) Reference (BREF) Document for Iron and Steel Production - 2013
- [952] Norme NF EN 1964-2 - Détermination des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les industries énergie-intensives - Partie 2 : Industrie sidérurgique (17 septembre 2016)
- [953] 2006 IPCC Guidelines, Volume 3 chapter 4 - Metal Industry - table 4.3
- [954] Hans Oonk, C. Lambert, I. Cakars, M. Havranek - GHG emissions from biological treatment of waste - Overview of existing measurements, Oonk & al., Mars 2017
- [955] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.B.1.a Fugitive emissions from solid fuels: Coal mining and handling, table 3.6
- [956] Statistiques des services d'incendie et de secours (SDIS)
- [957] Statistiques de la Fédération Forge et Fonderie
- [958] USGS, Minerals Yearbook - Ferromanganese and silicomanganese : world production by country
- [959] 2006 IPCC Guidelines, Volume 3 chapter 4 - Metal Industry - table 4.5 - pp 4.37
- [960] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Section 3B Manure Management
- [961] Institut de l'élevage, juin 2014. Alimentation des ovins : rations moyennes et niveaux d'autonomie alimentaire.
- [962] INRA, Projet C-SOPRA (Prédiction des impacts des pratiques culturales sur le stockage et déstockage de C organique en sols agricoles) (2020).
- [963] INRA, Etude 4 pour 1000 (Le potentiel de l'agriculture et de la forêt françaises en vue de l'objectif d'un stockage de carbone dans les sols à hauteur de 4 pour mille) (2019).
- [964] Riziculture - La paille de riz Camarguaise - Pratiques au champ et filières de valorisation pour un développement durable. Inra, Cemagref, 2009.
- [965] Base de Données d'Analyses des Terres - BDAT, GIS SOL.
- [966] Hassouna M., Meda B., Chantal A., Dourmad J-Y., Garcia Launay F. Excretions of organic matter and nitrogen of poultry and pig productions to assess gas emissions, MONDFERENT 2. Novembre 2015, non publié
- [967] EMEP / EEA emission inventory guidebook, 2016, 3F Field burning of agricultural residues
- [968] US EPA - AP 42 - 5ème édition, Volume 1 - Chapter 1.6 : Wood Residue Combustion In Boilers - table 1.6-3
- [969] Institut National du Cancer - L'essentiel de la radiothérapie en France en 2016
- [970] EMEP / EEA emissions inventory guidebook 2016, 1.B.2.c Venting and flaring, Table 3-4 Tier 2 emission factors for source category 1.B.2.c Venting and flaring, Flaring in oil refineries, p12
- [971] EMEP / EEA emissions inventory guidebook 2016, 2.B.6 Titanium dioxide production, chloride process - Table 3.21 Tier 2 emission factors for source category
- [972] CITEPA - Emissions de COV issues des stations-service, 2007, p105 et p145
- [973] Guide EMEP/EEA 2016, 1.B.2.a.v Distribution of oil products, Table 3-15, p.17-18-20
- [974] DSECE - Données d'importation et d'exportation - [https://lekiosque.finances.gouv.fr/portail\\_default.asp](https://lekiosque.finances.gouv.fr/portail_default.asp)
- [975] Rapports annuels IEOM - Institut d'Emission des départements d'Outre-Mer (<http://www.ieom.fr/ieom/publications/>)
- [976] ONFi Luc Durrieu de Madron Évaluation de la biomasse à St Pierre et Miquelon en Nouvelle Calédonie, à Wallis et Futuna Paris, 14 mai 2009].
- [977] Bélanger et al. 2008. Rapport de mission sur l'état des bois de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.
- [978] Marianne Rubio (ONF), Inventaire national des GES du secteur UTCF pour les territoires d'outre-mer - Polynésie française. Mai 2009]
- [979] Cartes relatives à l'occupation du sol à Wallis et Futuna, Service territorial des affaires rurales et de la pêche (STARP), 2008, <http://orioai.univ-nc.nc/search-gred/notice/view/univ-nc.nc-ori-15466>
- [980] Résultats des Enquêtes Pratiques d'élevage, 2015. Service de la Statistique et de la Prospective Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
- [981] Institut du Porc, 2010. Porc performances 2009
- [982] IDELE, 2004. Une nurserie adaptée aux besoins des animaux.
- [983] IDELE, Octobre 2016. Estimation des flux d'azote associés aux ovins, aux caprins, aux équins et à leurs systèmes fourragers.
- [984] Institut Français du Cheval et de l'Équitation (IFCE). Bases de données du SIRE et de l'Observatoire Economique et Social du Cheval (<http://statscheval.haras-nationaux.fr>)
- [985] Institut Français du Cheval et de l'Équitation (IFCE), 2012 et 2016. Annuaire ECUS.
- [986] EUGENE M., SAUVANT D., NOZIERE P., VIALARD D., OUESLATI K., LHERM M., MATHIAS E., DOREAU M. A new Tier 3 method to calculate methane emission inventory for ruminants. Journal of Environmental Management 231 (2019) 982-988.
- [987] Communication annuelle ITAVI. Données d'effectifs des poulets de chair par mode de production (export, standard, lourd, CCP, bio, label rouge) et des poules pondeuses par mode de production (au sol, bio, en cage, label rouge, plein air).
- [988] Sampère, J. 2017. Mise en place d'un protocole d'estimation des changements d'occupation des sols sur le

territoire de France métropolitaine. Mémoire de Master 2 Environnement : Dynamiques des territoires et des sociétés, sous la direction de M. Cohen et C. Robert. 94p.

[989] Levasseur 2003, 2006. Etat des lieux du traitement des lisiers de porcs en France

[990] Lessirard 2007. La filière porcine française et le développement durable

[991] Bilan UGPVB. Données 2013 : 421 stations de traitement de lisier de porc en service. Enquête auprès des groupements de producteurs de porcs

[992] UGPVB 2016, 2017. Rapport d'activité

[993] Canaveira, P., Manso, S., Pellis, G., Perugini, L., De Angelis, P., Neves, R., Papale, D., Paulino, J., Pereira, T., Pina, A., Pita, G., Santos, E., Scarascia-Mugnozza, G., Domingos, T., and Chiti, T. (2018). Biomass Data on Cropland and Grassland in the Mediterranean Region. Final Report for Action A4 of Project MediNet

[994] Roux, A., Dhôte, J. F., Achat, D., Bastick, C., Colin, A., Bailly, A., & Schmitt, B. (2017). Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique. Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon, 2050, 101.

[995] LAGADEC S., LANDRAIN P., BELLEC F., MASSON L., DAPELLO C., GUINGAND N., 2015. Enquête sur 31 laveurs d'air de porcherie en Bretagne, clés d'amélioration de l'efficacité sur l'abatement de l'ammoniac. Journées de la Recherche Porcine en France, 47:177-182.

[996] Pignard, G. et J. L. Dupouey (2000). "Carbon stocks estimates for french forests." *Biology Agronomy Society and Environment* 4(4): 285-289

[997] PUIG H., J.P. DELOBELLE (1988). Production de litière, nécromasse, apports minéraux au sol par la litière en forêt guyanaise, *Revue écologie (Terre Vie)*. 43: 3-22 p.

[998] "Meersmans, Manuel Martin, Lacarce, De Baets, Jolivet, et al.. A high resolution map of French soil organic carbon. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2012, 32 (4), pp.841-851."

[999] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Update July 2018 - 1.A.3.b.i-iv Road transport

[1000] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - Update April 2018 - 1.A.3.b.v Gasoline evaporation

[1001] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.C.5

[1002] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.C.6

[1003] Concawe - report 4/17 Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries - Values for 'Destruction of a gaseous stream - EF for fuel gas in a furnace'

[1004] Note de l'ADEME - Proposition d'évolution des facteurs d'émission 1 à 20MW. 18/03/2019

[1005] Note technique de faisabilité pour l'évolution de la méthodologie du calcul des émissions de NOx des chaudières résidentielles au fioul et gaz naturel, Citepa, 2019.

[1006] Energi- og Miljødata, Dansk Gasteknisk Center, November 2009

[1007] Etude Granulés de Bois 2020, France Bois Forêt, Syndicat National des Producteurs de Granulés de Bois, FNB, Février 2013

[1008] Etude sur le chauffage domestique au bois : Marchés et Approvisionnement, CNA Climat Air Energie, Octobre 2018

[1009] Propellet Event 2018, la filière granulés de bois prépare la forte croissance de son marché, bioenergie-promotion.fr, Juillet 2018

[1010] EMEP/EEA - 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal 2019

[1011] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 2.B Chemical industry 2019 - Table 3.39 and Table 3.40, p40 et p41

[1012] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 2.B Chemical industry 2019 - Table 3.45, Table 3.46 and Table 3.47, p46 et p47

[1013] "Base de données statistique FAO : <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/FO> codes produits : 1646, 1649, 1697, 1606, 1648"

[1014] "Base de données PRODCOM (EUROSTAT) - PRCCODE 20511300 - Articles pour feux d'artifice

Production vendue, exportations et importations par liste PRODCOM (NACE Rév. 2) - données annuelles [DS-066341]"

[1015] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016/2019/2023 Part B 2.D.3i-2G Other solvent and product use, Tobacco combustion

[1016] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016/2019/2023 Part B 2.D.3i-2G Other solvent and product use, Other, Use of Fireworks

[1017] Differences in cadmium transfer from tobacco to cigarette smoke, compared to arsenic or lead, J.-J. Piadéa, G. Jaccardb,\*, C. Dolkaa, M. Belushkina, S. Wajrockb, 2015, table 4

[1018] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009 Part B 2.D.3i-2G Other solvent and product use, Tobacco combustion

[1019] Traitement des résultats de campagnes de mesures réalisées en 2018 ou 2019 par les crématoriums dans le but de vérifier leur conformité avec l'arrêté du 28 janvier 2010 et transmis aux Agence Régionales de Santé (ARS)

[1020] Ministère de l'Europe et des affaires étrangères - Représentation permanente de la France auprès de l'Union européenne (<https://ue.delegfrance.org/outre-mer-2038>)

[1021] Inventec - communication téléphonique du 02/10/2019

[1022] Circulaire du 9 mars 2012 relative à la taxe générale sur les activités polluantes & ses annexes

[1023] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 2.B Chemical Industry 2016 - Table 3.6

[1024] Agreste (2015), L'utilisation du territoire en 2014 - Teruti-Lucas; Chiffres & Données 229.

[1025] Ballet B. (2018). Renovation de l'enquête Teruti. 13e Journées de méthodologie statistique de l'Insee (JMS). 12-14 juin 2018.

[1026] Amorich S., Mary A.n, Michel P., Mirouse B. L'enquête Teruti-Lucas. Présentation, 2012.

[1027] Jean-Christophe Hervé. "National Forest Inventories - Assessment of wood availability and use". In : sous la dir. de Claude Vidal et al. Springer, 2016. Chap. France, p. 385-404.

[1028] Jean-Christophe Hervé et al. "L'inventaire des ressources forestières en France: un nouveau regard sur de nouvelles forêts". In : *Revue Forestière Française LXVI.3* (2014), p. 247-260. doi : 10.4267/2042/56055

[1029] Règlement (UE) 2016/1628 du Parlement Européen et du Conseil du 14 septembre 2016 relatif aux exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes et la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers, modifiant les règlements (UE) n° 1024/2012 et (UE) n° 167/2013 et modifiant et abrogeant la directive 97/68/CE

[1030] EVOLIS (regroupement de CISMA et PROFLUID) - Données internes de la profession d'équipementiers de BTP, fluidiques et de manutention

[1031] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1A4 Non-road mobile sources and machinery, Table 3-11 deterioration factors for diesel machinery relative to average engine lifetime

[1032] Directive 2005/69/EC of the European Parliament and the Council of 16 November 2005 amending for the 27th time Council Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (polycyclic aromatic hydrocarbons in extender oils and tyres). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:323:0051:0054:EN:PDF>

[1033] EMEP / EEA Guidebook - édition 2016 - 1A4 Small combustion - FE Tier 2 pour le 1A4c agriculture/forestry (Tables 3-23 à 2-26)

[1034] EMEP / EEA Guidebook - édition 2016 - 1A4 Small combustion - FE Tier 1 pour NH3 pour biomasse (Table 3-10)

[1035] EMEP / EEA Guidebook - édition 2016 - mise à jour du guide 2018 - 3Df- Agriculture Other including use of pesticides FE Tier 1 pour HCB (Table 3)

[1036] Données des ventes de produits phytopharmaceutiques issues de la BNV-D, <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/ventes->

[de-pesticides-par-departement/#](#) données consultées le 19/06/2019

- [1037] INSEE. Tableaux économiques régionaux - Plusieurs années
- [1038] MAA/SSP. Les comptes régionaux, départementaux et par catégorie d'exploitations de l'agriculture - Plusieurs années
- [1039] DAVAR. Recensement général agricole (RGA) Nouvelle Calédonie - 2002 ; 2012
- [1040] Institut de la Statistique et des études économiques Nouvelle Calédonie. Productions agricoles en Nouvelle Calédonie - Plusieurs années.
- [1041] Institut de la statistique de Polynésie française. Recensement général agricole (RGA) Polynésie française - 1995
- [1042] Direction de l'Agriculture (DAG) Polynésie française. Recensement général agricole (RGA) Polynésie française - 2012
- [1043] Service territorial de la Statistique et des Etudes Economiques (STSEE) Wallis et Futuna. Recensement général agricole (RGA) Wallis et Futuna - 2001 ; 2014.
- [1044] DAAF Mayotte. Le poulet de chair à Mayotte - Analyse de la filière. Mars 2016.
- [1045] DAAF Mayotte. Conjoncture et évolution des prix des produits agricoles. Février 2017.
- [1046] DAAF Mayotte. Etudes d'Informations Statistiques agricoles menées en 2016. Janvier 2017.
- [1047] INSEE - Structures agricoles. 1998
- [1048] Agreste - Production commercialisée de sciages et autres produits bois (1990-2018)
- [1049] Aktualisierung und methodische Verbesserung der österreichischen Luftschadstoffinventur für Schwebstaub (traduction : "Mise à jour et amélioration méthodologique de l'inventaire de polluants atmosphériques autrichiens pour les particules"), pp43, 2007
- [1050] Base de données FAO, Production de Pâte de bois chimique, au bisulfite, blanchie (Code Produit : 5510 et 1655)
- [1051] Sauvant D. (INRA). La production de méthane dans la biosphère : le rôle des animaux d'élevage. Le courrier de la Cellule Environnement n° 18 (décembre 1992)
- [1052] IDELE. Résultats du Contrôle Laitier France (bovins, ovins, caprins). Plusieurs années.
- [1053] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3, Chapitre 3, Tableau 3-24, pp3.99
- [1054] ESA CCI-LC Climate Change Initiative land cover version 2.0.7
- [1055] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 2.B Chemical Industry 2023 - Table 3.6
- [1056] EMEP / EEA emission inventory guidebook, 2019, 3F Field burning of agricultural residues
- [1057] Club Biogaz, Association Technique Energie Environnement - Présentation sur le devenir des digestats, 2019
- [1058] Association AILE, Etat des lieux de la méthanisation en Bretagne et Pays de la Loire au 1er janvier 2020
- [1059] JRC - Map to limit area for leaching - Revue ESD 2019
- [1060] EMEP 2019, Chapitre 3D - Crop production and agricultural soils
- [1061] Enquête annuelle de production dans l'industrie PRODFRA : production de charbon de bois (y compris charbon de coques ou de noix), même aggloméré
- [1062] Données fournies par l'UNGDA - Union Nationale des Groupements de Distillateurs d'Alcool
- [1063] Guidebook Corinair, part 6 - second edition - 1992, page 6
- [1064] EMEP 2019, section 2A1 Cement production - table 3.1
- [1065] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook - table 3-24 - cement production - 1A2, Edition 2019
- [1066] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, section 2A3 Glass Production, tables 3.2 à 3.7
- [1067] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, section 2A2 Lime Production, table 3.1
- [1068] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - Chapter 2A2 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1
- [1069] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - Chapter 2A3 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1
- [1070] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - Chapter 2A5c - storage, handling and transport of mineral products
- [1071] EMEP/EEA/2016 - Chapter 5.A Biological treatment of waste - Table 3-1
- [1072] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, Chapter 5-D , Table 3-1
- [1073] BIPE - Les services publics d'eau et d'assainissement en France - Editions depuis 2006
- [1074] PRODCOM - Statistiques sur la production de produits manufacturés - eurostat (codes produit : 20147400 et 20147500)
- [1075] GRTgaz - Communication annuelle des émissions nationales de CH4 au CITEPA
- [1076] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 2.B Chemical industry, table 3.7
- [1077] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1a4 Non-road mobile sources and machinery - Table 3.6, EF Tier 3
- [1078] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019, Part B section 2C5 Lead production
- [1079] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019, Part B section 2C3 Aluminium production
- [1080] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019, Part B section 2C6 Zinc production
- [1081] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019, Part B section 1A2 Manufacturing industries
- [1082] Commissariat général au développement durable - Production et traitement des déchets en France
- [1083] INERIS - Emissions de Bibenzodioxines et dibenzofuranes lors de la combustion de câbles électriques - 1999
- [1084] INERIS - Emissions atmosphériques de dioxines et de furanes bromées lors de feux accidentels de déchets contenant des substances bromés
- [1085] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019, Part B section 2C7a Copper production - Section 3.3.2 Technology-specific emission factors - Tables 3-2 and 3-3
- [1086] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019 - Part B section 1A2 Combustion in manufacturing industries and construction - Table 3-13
- [1087] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019 - Part B section 2C2 Ferroalloys production
- [1088] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019 - Part B section 2C7b Nickel production - Table 3.1
- [1089] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2019 - Part B section 2D3c Asphalt roofing
- [1090] GIFAM - Chiffres clés annuels par équipement
- [1091] WHIRLPOOL - Communication interne
- [1092] Eurocave - Communication interne
- [1093] Enquête terrain Citepa - fluide frigorigène équipements domestiques
- [1094] Revue spécialisée Entreprendre - "Cave à vin : EuroCave leader mondial... et 100 % made in France" - 29/10/2014
- [1095] Lignes directrices du GIEC 2006 - Volume 3 - Chapitre 7 - Tableaux 7.9
- [1096] ADEME - Rapports annuels Equipement Electriques et Electroniques
- [1097] CCFA - Rapports annuels Analyse statistiques
- [1098] PSA - Communication interne
- [1099] Renault - Communication interne
- [1100] Scania - Communication interne
- [1101] Iveco - Communication interne
- [1102] CGDD - Chiffres clés du transport - Edition 2019
- [1103] RATP - Communication interne
- [1104] Base Behr Hella Service - Quantité de remplissage d'huile et réfrigérant VL/VUL/PL
- [1105] NRF - Airconditioning Filling Chart - R134a/R1234yf
- [1106] RTOC 2014 - Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps Technical Options Committee
- [1107] RTOC 1998 - Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps Technical Options Committee
- [1108] RTOC 2010 - Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps Technical Options Committee
- [1109] RTOC 2006 - Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps Technical Options Committee
- [1110] ADEME - Rapports annuels Automobile (VHU)

- [1111] ADEME - Audit des plate-formes de compostage de déchets organiques en France avec analyses de composts, d'eaux de ruissellement et bilan des aides ADEME au compostage de déchets verts - Mars 2007
- [1112] Panorama du gaz renouvelable - Publication annuelle - GRDF, GRTgaz, Syndicat des énergies renouvelables, SPEGNN, Teréga
- [1113] Fédération Française de Carrosserie (FFC) - Communication interne
- [1114] Petit Forestier - Communication interne
- [1115] Container Handbook
- [1116] European Partnership for Energy and the Environment - Communication interne
- [1117] RTOC 2002 - Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps Technical Options Committee
- [1118] Lignes directrices du GIEC 1996 - Volume 3 - Chapitre 2.17
- [1119] Nielsen - Retour sur 40 ans de distribution française
- [1120] INSEE - Les points de vente du commerce de détail 1982 à 1992
- [1121] INSEE - Base de données : évolution du commerce 1992 - 2004
- [1122] INSEE - Base de données : hyper super 2004 à 2009
- [1123] INSEE - Enquête d'établissement dans le commerce 1980
- [1124] ACOSS - Les dénombrements annuels selon la NAF 732
- [1125] LSA - Communication interne
- [1126] Perifem - Communication interne
- [1127] Mines ParisTech - La F-GasII et son impact sur les émissions de fluides frigorigènes en France à l'Horizon 2035 - S. Barrault, M. NEMER
- [1128] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1a4 Non-road mobile sources and machinery - Table 3-1, EF Tier 1
- [1129] Uniclimate - extractions annuelles de données internes
- [1130] Informations d'experts - Daikin et Denis Clodic
- [1131] AFPAC - La Pompe à Chaleur : De nos ambitions 2030 à nos perspectives 2050 - Mars 2018
- [1132] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.3.b.vi-vii Road tyre and brake wear
- [1133] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.3.d Navigation - shipping
- [1134] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.3.b.i-iv Road transport
- [1135] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, section 2.C.1 Iron and steel production, Table 3.1 Tier 1 emission factors for source category 2.C.1 Iron and steel production
- [1136] 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, V3, Ch4, Metal industry
- [1137] Union des Aéroports Français (UAF), Données des vols non commerciaux ([www.aeroport.fr](http://www.aeroport.fr))
- [1138] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Section 3B Manure Management
- [1139] 1788 - Inventaire régional Polynésie française, Citepa. 2020.
- [1140] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.3.c Railways
- [1141] MTE/CGDD/SdES : rapport annuel du Bilan annuel des transports
- [1142] International Civil Aviation Organization (ICAO) Carbon Emissions Calculator Methodology, Version 11, June 2018 (<https://www.icao.int/>)
- [1143] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.3.a Aviation
- [1144] Airport Air Quality Manual. First Edition – 2011. International Civil Aviation Organization ([www.icao.int](http://www.icao.int))
- [1145] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Section 5B2 Biological treatment of waste - anaerobic digestion at biogas facilities
- [1146] Convention MARPOL de l'OMI (Organisation maritime internationale), Annexe 12 : RESOLUTION MEPC.251(66)
- [1147] Convention MARPOL de l'OMI (Organisation maritime internationale), Annexe 13 : RESOLUTION MEPC.176(58)
- [1148] Directive (UE) no 2003/44 du Parlement européen et du Conseil du 20 novembre 2013 relative aux bateaux de plaisance et aux véhicules nautiques à moteur.
- [1149] EU Fleet Register : [https://webgate.ec.europa.eu/fleet-europa/index\\_en](https://webgate.ec.europa.eu/fleet-europa/index_en)
- [1150] STECF (Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries): <https://stecf.jrc.ec.europa.eu/index.html>
- [1151] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), statistics Division, <http://www.fao.org/faostat/fr/#home>
- [1152] Annuaire du Syndicat National des patinoires, <https://www.syndicatdespatinoires.com/annuaire/>
- [1153] Global inventories and direct emission estimations of greenhouse gases of refrigeration systems, Sabine Saba, Ph. D; Thesis MINES-ParisTech December 2009
- [1154] ADEME, Rapport annuel de l'Observatoire des fluides frigorigènes et gaz fluorés
- [1155] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.3.b.v Gasoline evaporation
- [1156] Service statistique du Ministère en charge de l'environnement - SDES. Données et études statistiques: Parc de voitures selon la vignette Crit'air
- [1157] AURA-EE (AURA Energie Environnement), Cartographie des unités de méthanisation, 2017.
- [1158] ADEME, méthanisation en Bourgogne-Franche-Comté, retours d'expérience et perspectives. Journée régionale d'échanges, 9 avril 2019 - Beaune
- [1159] AILE, Cartes et chiffres clés Bretagne et Pays de la Loire : état des lieux de la méthanisation au 1er janvier 2020
- [1160] Observatoire Environnement Bretagne (OEB), 2020. Base de données sur les installations de méthanisation en Bretagne (<https://bretagne-environnement.fr/installations-methanisation-bretagne-evolution-datavisualisation>)
- [1161] ADEME Centre Val de Loire, Cartographie des unités de méthanisation en Centre Val de Loire, 2019.
- [1162] Chambre d'agriculture Grand Est, Etat des lieux des méthaniseurs, 2019. (<http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3-rex-suivi-methaniseurs-chambre-agriculture.pdf>)
- [1163] Chambre d'agriculture Hauts de France, Etat des lieux des méthaniseurs, 2020
- [1164] Institut d'aménagement et d'urbanisme - Bilan de la méthanisation en Ile-de-France, 2020
- [1165] Chambre d'agriculture Normandie, Bilan des unités de méthanisation, 2020. (<https://normandie.chambres-agriculture.fr/conseils-et-services/preserver-lenvironnement/energies/produire-de-energie/methanisation/plan-methanisation-normandie/>)
- [1166] ADEME Occitanie, Carte des unités de méthanisation en fonctionnement, 2017.
- [1167] Collectif Métha'Synergie, 2020
- [1168] Agence Régionale d'Évaluation Environnement & Climat (AREC), Etat du développement de la méthanisation en nouvelle-aquitaine
- [1169] EMEP/EEA 2019 - Section 2.H.2 Food and beverages industry
- [1170] OFDT - drogues et addictions dans les Outre-mer, juin 2020
- [1171] ORS Réunion - Lettre n°30 - les chiffres clés du tabagisme à La Réunion, 29 octobre 2021
- [1172] INSEE - Statistiques ProdFRA de 2008 à année N-1 sur la fabrication de savons, détergents et produits d'entretien, de parfums et de produits pour la toilette, d'huiles essentielles
- [1173] RIVM, 2006, Cleaning Products Fact Sheet
- [1174] RIVM, 2006, Cosmetics Fact Sheet
- [1175] EUROPEAN COMMISSION, 2002, Screening study to identify reductions in VOC emissions due to the restrictions in the VOC content of products; [http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/paint\\_solvents/2002\\_02\\_bipro\\_final\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/paint_solvents/2002_02_bipro_final_report.pdf).
- [1176] THELOKE J., 2005, NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelanwendung und Möglichkeiten zu ihrer Minderung
- [1177] ARCADIS, 2010, NMVOC emissions through domestic solvent use and the use of paints in the Brussels Capital Region
- [1178] RIVM, 2018, Cleaning Products Fact Sheet
- [1179] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2019 - secteur 1A1b - SNAP 010301/010302/010306 - FE NOx - tables 4-2 à 4-6
- [1180] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2019 - secteur 1A1b - SNAP 010305 - FE NOx - tables 4-7 et 4-8

- [1181] EMEP / EEA Guidebook, Edition 2019 - secteur 1A1a - SNAP 010304 assimilée à SNAP 010104 et 010105 - FE NOx - tables 3-17 et 3-18
- [1182] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.1 Energy industries, tables 4-5 et 4-6, FE TSP pour le gaz naturel et le FOD
- [1183] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.1 Energy industries, tables 4-8, FE BC pour les moteurs au FOD
- [1184] "EMEP/EEA - Emission Inventory Guidebook 2016 - 1.B.2.c Venting and flaring, Flaring in oil and gas extraction (p 7 - table 3-1)"
- [1185] "EMEP/EEA Emissions Inventory Guidebook 2019 - 1.B.2.c Venting and flaring, Flaring in oil refineries (p11 - Table 3-4)"
- [1186] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Table 3-28 p63 et Table 3-30 p65
- [1187] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.B.1.a Fugitive emissions from solid fuels: Coal mining and handling, table 3-2, 3-3 et 3-6
- [1188] EMEP / EEA 2013 - Section 1.B.2.a.v Distribution of oil products, table 3-10 et 3-11
- [1189] Guide EMEP/EEA 2019, 1.B.2.a.v Distribution of oil products, Table 3-15
- [1190] RECYLUM, Recyclage des lampes - Echanges internes
- [1191] RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2018/2066 DE LA COMMISSION du 19 décembre 2018 relatif à la surveillance et à la déclaration des émissions de gaz à effet de serre au titre de la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil et modifiant le règlement (UE) no 601/2012 de la Commission
- [1192] ADEME, 2012, Fiche technique "épandage" : la valeur agronomique des boues d'épuration <http://www.ademe.fr/partenaires/boues/pages/f22.htm> [dernière visite : 12/11/2012]
- [1193] IPCC, 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands
- [1194] Stehfest, E., Bouwman, A.F., 2006. N2O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74, 207-228. <https://doi.org/10.1007/s10705-006-9000-7>
- [1195] VCM enquête operationele stand van zaken mestverwerking in vlaanderen, Vlaamse coordinatiecentrum Mestverwerking, <https://www.vcm-mestverwerking.be/nl/kenniscentrum/1919/bibliotheek> [dernier accès : 21/01/2022]
- [1196] ADEME - Déchets chiffres-clés - Edition 2020
- [1197] ADEME - Gestion domestique des déchets domestiques - Juin 2020
- [1198] EMEP EEA Guidebook 2023 - Chapitre 5E - Tables 3-2 ; 3-3 ; 3-4 ; 3-5
- [1199] INSEE - Les conditions de logement en France - Edition 2017
- [1200] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1-a-4-small-combustion - Table 3.6 - Tier 1 emission factors for NFR source category 1.A.4.b, using biomass
- [1201] Vancutsem, C., Achard, F., Pekel, J. F., Vieilledent, G., Carboni, S., Simonetti, D., ... & Nasi, R. (2021). Long-term (1990-2019) monitoring of forest cover changes in the humid tropics. Science Advances, 7(10), eabe1603
- [1202] Tanneberger F., Moen, A., Joosten, H., & Nilsen, N. (2017). The peatland map of Europe. Mires and Peat. 2017, 19 (22), 1-17
- [1203] Copernicus (Commission européenne / AEE), données High Resolution Layers, disponible en ligne : <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>
- [1204] Agence de Services et de Paiements (ASP), données du Registre Parcellaire Graphique (RPG), base de données géographiques servant de référence à l'instruction des aides de la politique agricole commune (PAC). Données annuelles depuis 2007 disponibles en ligne : <https://geoservices.ign.fr/rpg>
- [1205] DONNEE Surfaces potentiellement brûlées MODIS Quasi-Temps réel (MCD14DL) <https://geoportail.oeil.nc/geoportal/catalog/>
- [1206] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 2H2 Food and Beverages industry, table 3-7 FE COVNM de la fermentation
- [1207] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, Part B section 2D3b Road paving with asphalt
- [1208] GIEC - Lignes directrices 2006, Volume 3, Chapitre 4, section 4.4.2.1
- [1209] Directive 97/68/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 1997 sur le rapprochement des législations des États membres relatives aux mesures contre les émissions de gaz et de particules polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers
- [1210] Méthode de calcul du facteur d'émission CO2 des points d'entrée du gaz naturel, Citepa&GRTgaz
- [1211] Valorisation et partage de la connaissance du parc des installations bois-énergie, rapports annuels, CIBE
- [1212] Cortea Acibioqa - Amélioration des connaissances en matière d'impact des chaufferies biomasse sur la qualité de l'air, ADEME
- [1213] Réévaluation des facteurs d'émission des particules totales (solide et condensable) du chauffage domestique au bois, impacts sur les inventaires d'émission, Ineris & Citepa - 206576 - 2740861 - v2.0
- [1214] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1A4 Small combustion - Tables 3.39 à 3.44 - Tier 2 emission factors for NFR source category 1.A.4.b, using biomass
- [1215] Données européennes - productions, importations, exportations [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/DS-056120\\_custom\\_3664074/default/table?lang=fr](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/DS-056120_custom_3664074/default/table?lang=fr)
- [1216] GIEC - Guidelines 2019 Volume 5, Chapitre 2,
- [1217] GIEC - Guidelines 2019, Volume 5, Chapitre 3, Table 3.1
- [1218] ADEME - Impact sanitaire et environnemental du compostage domestique
- [1219] ADEME - Programme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmosphériques du compostage - connaissances acquises et synthèse bibliographique
- [1220] Defra UK Ship Emissions Inventory Final Report, 2010.
- [1221] Fourth IMO GHG Study 2020 Full Report
- [1222] "Z. Klimont et al., "Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon," Atmos Chem Phys, vol. 17, no. 14, pp. 8681-8723, Jul. 2017, doi: 10.5194/acp-17-8681-2017."
- [1223] SNCF - Données de trafic ferroviaire issue du Data Lab pour l'année 2018
- [1224] EMEP EEA Guidebook - 2006 - group 02 - chapitre B216 - Tables 8.2d et 8.2e
- [1225] ADEME - Baromètre Environnement
- [1226] INRAE - Emissions de N2O dans la filière de traitement et de valorisation des boues - 2018
- [1227] Rapport annuel de l'institut d'émission d'outre-mer (IEOM) - Nouvelle-Calédonie
- [1228] GIEC - 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands - Table 6.4
- [1229] 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use
- [1230] Levasseur P., Soulier A., Lagrange H., Trochard R., Foray S., Charriot A., Ponchant P. et Blazy V. « Valorisation agronomique des effluents d'élevages de porcs, bovins, ovins, caprins, volailles et lapins. RMT Elevage et Environnement », 2019.
- [1231] Martin-Rosset, W., Vermorel, M., Fleurance, G. et Doligez, P., « Evaluation et prévision de différentes sources de pollution issues de l'élevage et de l'utilisation du cheval. 39ème Journée de la Recherche Equine », 2013.
- [1232] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, section 1A2 Manufacturing industries and construction - table 3.3 Tier 1 emission factor for 1A2 combustion in industry using gaseous fuels
- [1233] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, section 1.A.1 Energy industries, table 3-5 Tier 1 emission factors for source category 1.A.1.a using heavy fuel oil
- [1234] "EMEP/EEA - Emission Inventory Guidebook 2019 - 1.B.2.c Venting and flaring, Flaring in oil and gas extraction (table 3-1)"

- [1235] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, section 1A2 Manufacturing industries and construction - table 3.3 Tier 1 emission factor for 1A2 combustion in industry using gaseous fuels
- [1236] Bilans de fonctionnement des unités de méthanisation en Auvergne- Rhône-Alpes
- [1237] AILE, Etat des lieux de la méthanisation en Bretagne
- [1238] Schéma Régional Biomasse Grand Est, Mars 2021, v9 - Ademe, Préfecture Grand Est, Solagro, Indiggo, Biomasse conseil
- [1239] AREC, Bilan de fonctionnement 2020 des unités de méthanisation en Ile de France - Rapport complet - février 2022
- [1240] Chambre d'agriculture de Normandie, 2021, Qualité agronomique des digestats en Normandie, Guide technique, Décembre 2021.
- [1241] DREAL Pays de la Loire, Analyse des bilans de fonctionnement 2019 des installations de la filière biogaz en Pays de la Loire
- [1242] U Skiba et al 2021 Environ. Res. Lett. 16 025009 « Assessing the Contribution of Soil NOx Emissions to European Atmospheric Pollution ». <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd2f2>
- [1243] Synthèse agences de l'eau - 2015 à 2018
- [1244] Arrêté du 2 février 1998 - article 33 - point 17 (Stations d'épuration mixtes) - Legifrance
- [1245] IRSTEA - INVENTAIRE DES GES EMIS LORS DU TRAITEMENT ET DE LA VALORISATION DES BOUES D'EPURATION
- [1246] Crédoc - Consommation annuelle de protéines en France - 1999 à 2019
- [1247] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 2.B Chemical industry, table 3.30
- [1248] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1-a-4-small-combustion - Tables 3.42 - Tier 2 emission factors for NFR source category 1.A.4.b, using biomass
- [1249] Recensement agricole 2020. Données communiquées par le MASA fin 2022, en attente de publication.
- [1250] Références d'excréments azotés Itavi, mise à jour 2021, en cours de publication.
- [1251] CNIEL, 2018. Le pâturage des vaches laitières françaises - Etat des lieux de la pratique pour l'ensemble des territoires français
- [1252] Site internet Web-agri pour les durées de lactation en vaches allaitantes. <https://www.web-agri.fr/alimentation-animale/article/208210/courbe-de-lactation-d-une-vache-allaitante>
- [1253] Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, Communiqué de presse du 7 septembre 2022, quantité de tabac consommé en 2020 et 2021 en Nouvelle-Calédonie
- [1254] ISPF (institut de la statistique de la Polynésie française), Importations de tabac
- [1255] Performances techniques et indicateurs économiques en poules pondeuses. Itavi, multiples années.
- [1256] Performances techniques et coûts de production en volailles de chair. Itavi, multiples années.
- [1257] Performances techniques et résultats économiques des volailles de chair biologiques et sous label rouge. Itavi, multiples années.
- [1258] Résultats technico-économiques en palmipèdes gras. Itavi, multiples années.
- [1259] Devun et al (2011). Fourrages conservés et modes de récolte : la situation selon les systèmes d'élevage en France
- [1260] DAVAR, 2012, Recensement général agricole, Nouvelle Calédonie, <https://davar.gouv.nc/>
- [1261] Ministère du Développement des activités du secteur primaire, 2012, Recensement général de l'agriculture en polynésie française
- [1262] Plan de développement agricole durable à Saint-Pierre et Miquelon, 2018. CACIMA, Chambres d'agriculture, Salva Terra
- [1263] DRAAF Saint Martin, 2021, Le Plan Territorial de l'Agriculture Durable de Saint-Martin. Mars 2021
- [1264] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, section 1A1 Energy industries - Table 4.2 - Tier 1 emission factors for source category 1.A.1.b, refinery gas
- [1265] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, section 1A1 Energy industries - Table 3.15 - Tier 2 emission factors for source category 1.A.1.a dry bottom boiler using wood and wood waste pour FE ML
- [1266] Institut national du cancer - Chiffres clés de l'observatoire national de la radiothérapie entre 2017 et 2021
- [1267] ORS Réunion - Tableau de bord - Les comportements addictifs à la Réunion - 2022
- [1268] France Agrimer - La consommation de produits laitiers
- [1269] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, section 1A1 Energy industries - Table 3-17 - Tier 2 emission factors for source category 1.A.1.a, gas turbines using gaseous fuels
- [1270] "Maaf, Ecofor, 2018. Indicateurs de gestion durable des forêts françaises ultramarines de la Martinique / Guyane / Guadeloupe, édition 2015"
- [1271] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1a4 Non-road mobile sources and machinery, Annexe E - Table E.1 Diesel <130 kW 1991- Stage 1
- [1272] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1A4 Small combustion - FE BC pour le 1A4b residential (Tables 3.3 et 3.4)
- [1273] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.4 Small combustion, tables 3-7 / 3-8 / 3-9 / 3-23 / 3-45 pour FE BC
- [1274] DASSOT Mathieu, COMMAGNAC Loïc, LETOUZE Frédéric, COLIN Antoine. 2022. Stocks de bois et de carbone dans les haies bocagères françaises. 66 pages.
- [1275] M. Jonard, I. Caignet, Q. Ponette, M. Nicolas. Evolution du carbone des sols forestiers de France métropolitaine - Détection et quantification à partir des données mesurées sur le réseau RENECOFOR. Rapport final. Juillet 2013
- [1277] Mouillot et al, 2006 - Global Carbon Emissions from biomass burning in 20th century. Geophysical Research Letters 33(1).
- [1276] "Rapport annuel - Mémo statistiques , Sucres et autres débouchés - Association Cultures Secure - Depuis 2009 <https://www.cultures-sucre.com/Medias/content-editor/pdf/memo-stat-2023-FR-planche-BD.pdf>"
- [1273] HEFA Production and Feedstock Selection 2019, CBSCI
- [1274] CARBURE : La plateforme de gestion des flux de biocarburants, <https://carbure.beta.gouv.fr/>
- [1275] INSEE - Statistiques annuelles de l'habitat individuelle et collectif
- [1276] EMEP/EEA 2023 1A1 Energy Industries - Tables 3-7 / 3-11 / 3-13 / 3-15 / 3-20 / 3-21 - Tier 2 emission factors for source category 1.A.1.a
- [1277] Données et études statistiques du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires - Base de diffusion des données Dido - Listes des permis de construire et autres autorisations d'urbanisme (<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/catalogue?page=dataset&datasetId=6513f0189d7d312c80ec5b5b>)
- [1278] Cylinder lubrication of two-stroke crosshead marine diesel engines (wartsila.com)
- [1279] Kaminski, W. Marine Slow-Speed Engines' Cylinder Oil Lubrication Feed Rate Optimization in Real Operational Conditions. Energies 2022, 15, 8378. <https://doi.org/10.3390/en15228378>
- [1280] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.3.d Navigation -shipping
- [1281] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.3.b.i-iv Road transport
- [1282] IPCC Guidelines Volume 3, Chapter 5, TABLE 5.2: Default oxidation fractions for lubricating oils, grease and lubricants in general
- [1283] INSEE - Taux de conformité des dispositifs d'assainissement non collectif
- [1284] IPCC GL 2006 - Refinement 2019 - Volume 5 - Chapitre 6 - Tableau 6.8A
- [1285] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.3.c Railways 2023
- [1286] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.3.b.vi-vii Road tyre and brake wear 2023
- [1287] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 2.C.1
- [1288] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.2 Manufacturing industries and construction (combustion) - Table 3-3

- [1289] Service statistique du Ministère en charge de l'environnement - SDES. Données et études statistiques : Données relatives aux immatriculations des véhicules neufs et d'occasion.
- [1291] ONISR (Observatoire national interministériel de la sécurité routière). La sécurité routière en France : Bilan de l'accidentalité annuel.
- [1292] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 5.C1.a Municipal waste incineration - Table 3-2 - Tier 2 emission factors for source category 5.C.1.a Municipal waste incineration
- [1293] DAVAR - Mémento agricole Nouvelle-Calédonie (annuel). <https://davar.gouv.nc/secteur-rural-statistiques-agricoles/le-memento-agricole>
- [1294] Données douanes - Import / Export engrais organiques ([https://www.douane.gouv.fr/la-douane/opendata?f%5B0%5D=categorie\\_opendata\\_facet%3A458](https://www.douane.gouv.fr/la-douane/opendata?f%5B0%5D=categorie_opendata_facet%3A458))
- [1295] Esnouf A., Brockmann D., Cresson R., 2021. Analyse du cycle de vie du biométhane issu de ressources agricoles - Rapport d'ACV. INRAE Transfert, 170pp.
- [1296] AGRESTE, Recensement agricole 2000
- [1297] AGRESTE, Recensement agricole 2010
- [1298] Levasseur P., Soulier A., Lagrange H., Trochard R., Foray S., Charpiot A., Ponchant P. et Blazy V. Valorisation agronomique des effluents d'élevages de porcs, bovins, ovins, caprins, volailles et lapins. RMT Elevage et Environnement, Paris, 83 pages.
- [1299] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.3.a Aviation
- [1300] Mail de Groupe européen de l'industrie des solvants (ESIG) avec des facteurs d'émission de COVNM par habitant liés à l'utilisation de solvants en France







© Citepa  
[www.citepa.org](http://www.citepa.org)  
[infos@citepa.org](mailto:infos@citepa.org)  
42, rue de Paradis  
75010 PARIS