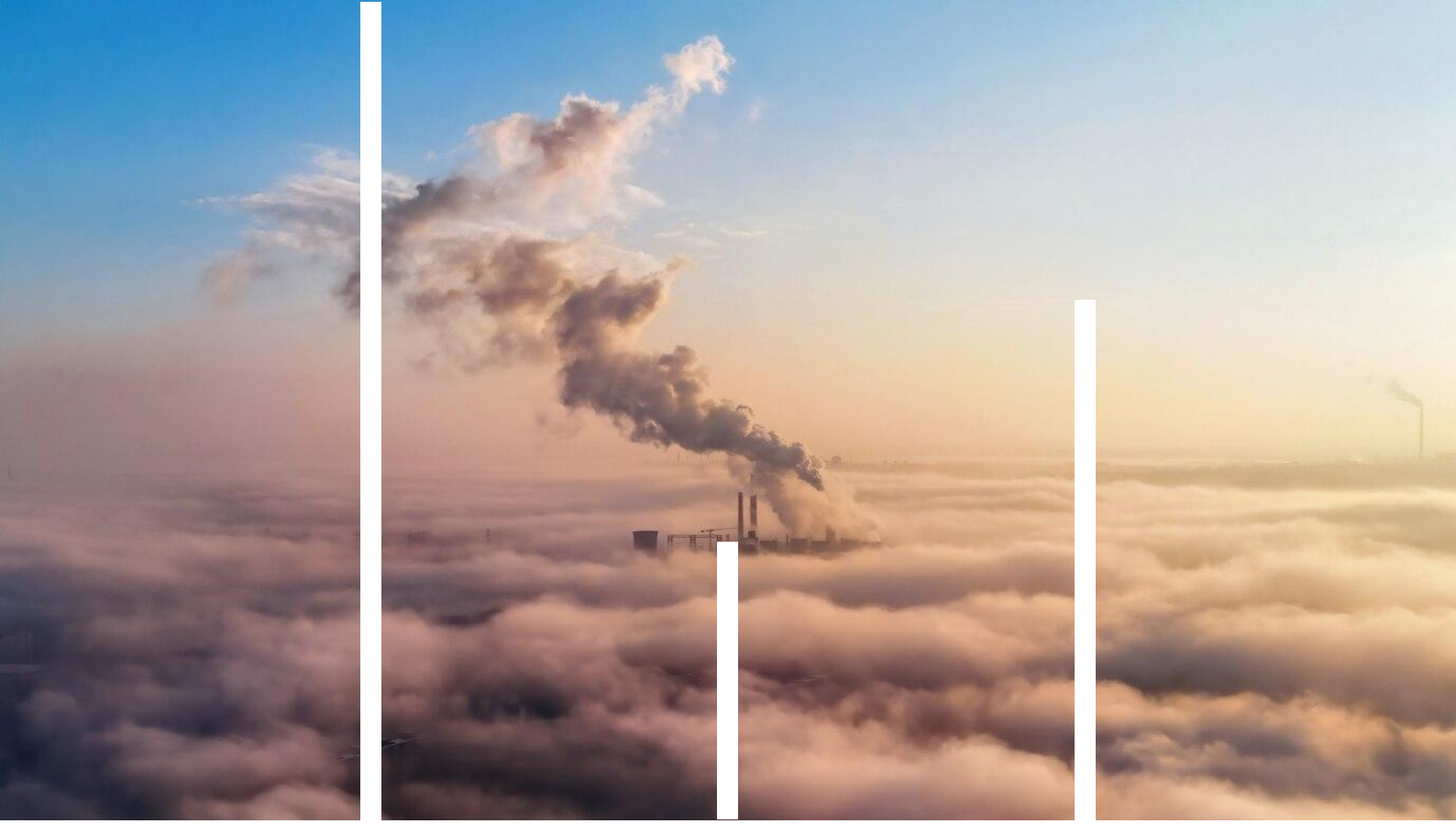


Rapport CEE – NU

Mars 2026

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

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE,
DE LA BIODIVERSITÉ
ET DES NÉGOCIATIONS
INTERNATIONALES
SUR LE CLIMAT ET LA NATURE
Liberté
Égalité
Fraternité

citepa
Guider l'action
Air & Climat

RÉDACTION		
	Nom	Date
Coordination	Shouwen ZHANG, Lisa GRELLIER	05/03/2026
Contribution	Grégoire BONGRAND, Benjamin CUNIASSE, Pierre HAVEZ, Yasmine HATIM, Etienne DELORT, Fanny JOUBERT, Juliette CAMUS, Adélaïde TRESARRIEU, Eponine BRIER, Corentin VANCAYSEELE, Vincent MONTI, Maxime CELESTE, Sarah URBANO, Rania KAMAR, Jean-Marc ANDRE, Thamara VIEIRA DA ROCHA, Mathis PASTORELLI, Gabriel KRENZER, Tamara BRAISH, Hugo GITTON, Jonathan HERCULE, Anaïs DURAND, Stéphanie BARRAULT, Quentin BEDRUNE, Ariane DRUART, Etienne MATHIAS, Jean-Pierre CHANG, Lisa GRELLIER, Shouwen ZHANG	25/02/2026

VÉRIFICATION		
	Nom	Date
Vérification	Chefs de départements et d'unités	03/03/2026
Approbation finale	Jean-Pierre CHANG/Etienne MATHIAS	09/03/2026

Pour citer ce document :
Citepa, édition mars 2026. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France hexagonale, format CEE-NU

Ce rapport a été réalisé avec la participation financière du ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité et des Négociations internationales sur le climat et la nature. 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 2026. Cette édition annule et remplace toutes les éditions antérieures relatives au même format d'inventaire.
© Citepa 2026 | Trame I/N | Référence projet 2731 NFR

Citepa, 42, rue de Paradis | 75010 Paris | +33 1 44 83 68 83 | citepa.org

SOMMAIRE

1. Introduction (Cadre national et méthodes d'inventaire) 25
1.1 Périmètre de l'inventaire national 27
1.1.1 Couverture géographique des inventaires 27
1.1.2 Couverture des sources émettrices dans le total national 27
1.2 Cadre institutionnel de l'inventaire national 28
1.2.1 Système national d'inventaire 28
1.2.2 Disposition institutionnelle, législatives et procédurale 28
1.2.3 Répartition des responsabilités 29
1.2.4 Schéma organisationnel simplifié 34
1.3 Descriptif synthétique de la préparation des inventaires d'émissions 36
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 49
1.6.1 Management de la qualité 49
1.6.2 Objectifs qualité 50
1.6.3 Contrôle de la qualité 51
1.6.4 Assurance de la qualité 53
1.6.5 Exemples de dispositions pratiques 56
1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes 56
1.8 Généralités sur l'évaluation de l'exhaustivité 58
1.8.1 Sources manquantes, relatives à la notation « NE » (Non estimées) 59
1.8.2 Détail sur les sources visées par la notation « IE » (Inclus ailleurs) 59
1.8.3 Description des sources incluses dans les catégories "Autres" du NFR .. 61
2 Analyses des tendances 64
2.1 Contexte 65
2.2 Tendances générales 66
2.3 Acidification, eutrophisation et pollution photochimique (ou « AEP ») 68
2.3.1 Dioxyde de soufre (SO_2) 68
2.3.2 Oxyde d'azote (NO_x) 70
2.3.3 Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) 72

2.3.4 Monoxyde de carbone (CO) 74
2.3.5 Ammoniac (NH_3) 76
2.4 Métaux lourds 78
2.4.1 Plomb (Pb) 79
2.4.2 Cadmium (Cd) 81
2.4.3 Mercure (Hg) 82
2.4.4 Nickel (Ni) 83
2.4.5 Cuivre (Cu) 85
2.4.6 Arsenic (As) 86
2.4.7 Chrome (Cr) 87
2.4.8 Zinc (Zn) 89
2.4.9 Sélénium (Se) 90
2.5 Polluants organiques persistants 92
2.5.1 Dioxines et furanes (PCDD-F) 92
2.5.2 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) 94
2.5.3 Polychlorobiphényles (PCB) 95
2.5.4 Hexachlorobenzène (HCB) 97
2.6 Particules 98
2.6.1 Particules totales en suspension (TSP) 99
2.6.2 PM_{10} et $PM_{2.5}$ 101
2.6.3 Black Carbon (BC) 103
3 Energie (Secteur NFR 1) 106
3.1 Contexte 107
3.2 Tendances générales sur l'énergie 109
3.2.1 Emissions de NOx 109
3.2.2 Emissions de COVNM 111
3.2.3 Emissions de SO_x 113
3.2.4 Emissions de NH_3 114
3.2.5 Emissions de CO 115
3.2.6 Emissions de $PM_{2.5}$ 117
3.2.7 Emissions de PM_{10} 118
3.2.8 Emissions de TSP 119

3.2.9 Emissions de BC....121
3.2.10 Emissions du Pb....122
3.2.11 Emissions du Cd....123
3.2.12 Emissions du Hg....124
3.2.13 Emissions de dioxines et furanes (PCDD-F)....125
3.2.14 Emissions de HAP....126
3.2.15 Emissions de HCB....128
3.2.16 Emissions de PCB....130
3.3 Caractéristiques des combustibles....131
3.3.1 Pouvoirs calorifiques....132
3.3.2 Teneurs et facteurs d'émission....133
3.4 Industrie de l'énergie (NFR 1A1)....151
3.4.1 Caractéristiques de la catégorie....151
3.4.2 Méthode d'estimation des émissions....159
3.4.3 Incertitudes....178
3.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)....178
3.4.5 Recalculs....178
3.4.6 Améliorations envisagées....182
3.5 Combustion dans l'industrie manufacturière et la construction (NFR 1A2)....182
3.5.1 Caractéristiques de la catégorie....185
3.5.2 Méthodes d'estimation des émissions....202
3.5.3 Incertitudes....275
3.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)....275
3.5.5 Recalculs....276
3.5.6 Améliorations envisagées....284
3.6 Transports (NFR 1A3)....285
3.6.1 Caractéristiques de la catégorie....286
3.6.2 Méthodes d'estimation des émissions....312
3.6.3 Incertitudes....353
3.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)....354
3.6.5 Recalculs....355
3.6.6 Améliorations envisagées....357

3.7 Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture / Sylviculture / Pêche (NFR 1A4) 358
3.7.1 Caractéristiques de la catégorie 358
3.7.2 Méthodes d'estimation des émissions 363
3.7.3 Incertitudes....391
3.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 391
3.7.5 Recalculs....391
3.7.6 Améliorations envisagées....394
3.8 Autres secteurs (dont militaire) (NFR 1A5) 394
3.8.1 Caractéristiques de la catégorie 394
3.8.2 Méthodes d'estimation des émissions 397
3.8.3 Incertitudes....403
3.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 403
3.8.5 Recalculs....403
3.8.6 Améliorations envisagées....404
3.9 Emissions fugitives des combustibles solides (NFR 1B1) 404
3.9.1 Caractéristiques de la catégorie 404
3.9.2 Méthodes d'estimation des émissions 406
3.9.3 Incertitudes....410
3.9.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 410
3.9.5 Recalculs....410
3.9.6 Améliorations envisagées....410
3.10 Emissions fugitives des combustibles liquide et du gaz naturel (NFR 1B2) ...411
3.10.1 Caractéristiques de la catégorie 411
3.10.2 Méthodes d'estimation des émissions 420
3.10.3 Incertitudes....434
3.10.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 434
3.10.5 Recalculs....434
3.10.6 Améliorations envisagées....435
4 Procédés industriels totaux (Secteur NFR 2) 436
4.1 Contexte 437
4.2 Tendances générales sur les procédés industriels....438

4.2.1 Emissions de NOx....439
4.2.2 Emissions de COVNM....440
4.2.3 Emissions de SOx....441
4.2.4 Emissions de NH_3....442
4.2.5 Emissions de CO....443
4.2.6 Emissions de $PM_{2,5}$....445
4.2.7 Emissions de PM_{10}....447
4.2.8 Emissions de TSP....448
4.2.9 Emissions de BC....449
4.2.10 Emissions de Pb....450
4.2.11 Emissions de Cd....451
4.2.12 Emissions de Hg....452
4.2.13 Emissions de PCDD-F....453
4.2.14 Emissions de HAPs....454
4.2.15 Emissions de HCB....455
4.2.16 Emissions de PCB....456
4.3 Produits minéraux (NFR 2A)....457
4.3.1 Caractéristiques de la catégorie....457
4.3.2 Méthodes d'estimation des émissions....462
4.3.3 Incertitudes....471
4.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)....471
4.3.5 Recalculs....471
4.3.6 Améliorations envisagées....472
4.4 Métallurgie (NFR 2C)....473
4.4.1 Caractéristiques de la catégorie....473
4.4.2 Méthodes d'estimation des émissions....481
4.4.3 Incertitudes....496
4.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)....496
4.4.5 Recalculs....496
4.4.6 Améliorations envisagées....496
4.5 Utilisation de solvants et de produits chimiques (NFR 2D3)....497
4.5.1 Caractéristiques de la catégorie....497

4.5.2 Méthodes d'estimation des émissions 502
4.5.3 Incertitudes.....513
4.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 513
4.5.5 Recalculs.....513
4.5.6 Améliorations envisagées.....515
4.6 Autres utilisations de produits (NFR 2G) 516
4.6.1 Caractéristiques de la catégorie 516
4.6.2 Méthodes d'estimation des émissions 516
4.6.3 Incertitudes.....519
4.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 519
4.6.5 Recalculs.....519
4.6.6 Améliorations envisagées.....519
4.7 Autres productions (NFR 2H) 520
4.7.1 Caractéristiques de la catégorie 520
4.7.2 Méthodes d'estimation des émissions 523
4.7.1 Incertitudes.....529
4.7.2 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 529
4.7.3 Recalculs.....530
4.7.4 Améliorations envisagées.....530
4.8 Travail du bois (NFR 2I) 531
4.8.1 Caractéristiques de la catégorie 531
4.8.2 Méthodes d'estimation des émissions 531
4.8.3 Incertitudes.....533
4.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 533
4.8.5 Recalculs.....533
4.8.6 Améliorations envisagées.....533
5 Agriculture (Secteur NFR 3) 534
5.1 Contexte 535
5.2 Tendances générales sur l'agriculture 537
5.2.1 Émissions de NO_x 539
5.2.1 Émissions de COVNM 540
5.2.2 Émissions de SO_x.....541

5.2.3 Émissions de NH_3 542
5.2.4 Émissions de CO 543
5.2.5 Émissions de $PM_{2,5}$....544
5.2.6 Émissions de PM_{10} 545
5.2.7 Émissions de TSP....546
5.2.8 Émissions de BC....547
5.2.9 Émissions de Pb 548
5.2.10 Émissions de Cd....549
5.2.1 Émissions de Hg....550
5.2.2 Émissions de PCDD-F 551
5.2.3 Émissions de HAPs 552
5.2.4 Émissions de HCB 553
5.3 Agriculture | Introduction 553
5.3.1 Système PACRETE pour l'élevage 554
5.3.2 La réforme des régions françaises....554
5.3.3 Cheptels 555
5.3.4 Systèmes de gestion des déjections animales 568
5.3.5 Méthanisation agricole....573
5.3.6 Excrétions azotées....582
5.3.7 Excrétions carbonées 598
5.3.8 Zones climatiques 606
5.3.9 Carte des pH du sol 610
5.3.10 Clé de répartition infranationale des apports d'azote minéraux 610
5.3.11 Surfaces, productions et rendements des cultures 611
5.3.12 Evolution des surfaces et productions....613
5.4 Gestion des déjections (NFR 3B)....614
5.4.1 Caractéristiques de la catégorie 614
5.4.2 Méthodes d'estimation des émissions 618
5.4.3 Incertitudes....640
5.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 642
5.4.5 Recalculs....642
5.4.6 Améliorations envisagées....644

5.5 Sols agricoles (NFR 3D) 645
5.5.1 Caractéristiques de la catégorie 645
5.5.2 Méthodes d'estimation des émissions 649
5.5.3 Incertitudes 669
5.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 670
5.5.5 Recalculs 670
5.5.6 Améliorations envisagées 671
5.6 Brûlage de résidus agricoles (3F) 671
5.6.1 Caractéristiques de la catégorie 671
5.6.2 Méthodes d'estimation des émissions 672
5.6.3 Incertitudes 675
5.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 675
5.6.5 Recalculs 675
5.6.6 Améliorations envisagées 675
6 Déchets (Secteur NFR 5) 676
6.1 Contexte 677
6.2 Tendances générales des déchets 680
6.2.1 Emissions de NO_x 681
6.2.2 Emissions de COVNM 683
6.2.3 Emissions de SO_x 684
6.2.4 Emissions de NH_3 685
6.2.5 Emissions de CO 686
6.2.6 Emissions de particules 687
6.2.7 Emissions de Pb 691
6.2.8 Emissions de Cd 692
6.2.9 Emissions de Hg 693
6.2.10 Emissions de PCDD-F 695
6.2.11 Emissions de HAPs 696
6.2.12 Emissions de HCB 697
6.2.13 Emissions de PCB 698
6.3 Stockage des déchets (5A) 699
6.3.1 Caractéristiques de la catégorie 699

6.3.2 Méthodes d'estimation des émissions 700
6.3.3 Incertitudes.....702
6.3.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 702
6.3.5 Recalculs.....703
6.3.6 Améliorations envisagées.....703
6.4 Traitement biologique (5B).....703
6.4.1 Caractéristiques de la catégorie 703
6.4.2 Méthodes d'estimation des émissions 704
6.4.3 Incertitudes.....707
6.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 707
6.4.5 Recalculs.....707
6.4.6 Améliorations envisagées.....708
6.5 Incinération des déchets (5C).....708
6.5.1 Caractéristiques de la catégorie 708
6.5.2 Méthodes d'estimation des émissions 710
6.5.3 Incertitudes.....729
6.5.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 729
6.5.5 Recalculs.....729
6.5.6 Améliorations envisagées.....730
6.6 Traitement des eaux (5D).....730
6.6.1 Caractéristiques de la catégorie 730
6.6.2 Méthodes d'estimation des émissions 733
6.6.3 Incertitudes.....733
6.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 733
6.6.5 Recalculs.....734
6.6.6 Améliorations envisagées.....734
6.7 Autres déchets (NFR 5E) 734
6.7.1 Caractéristiques de la catégorie 734
6.7.2 Méthodes d'estimation des émissions 734
6.7.3 Incertitudes.....742
6.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) 742
6.7.5 Recalculs.....742

6.7.6 Améliorations envisagées....742
7 Autres (NFR 6) et émissions naturelles (NFR 11) 743
7.1 Autres....744
7.1.1 Autres (NFR 6A) 744
7.1.2 Autres (hors total national) (NFR 6B) 744
7.2 Emissions naturelles (NFR 11) (hors total national) 750
7.2.1 Volcans (NFR 11A) 750
7.2.2 Feux de forêts (NFR 11B) 750
7.2.3 Autres émissions naturelles (11C) : éclairs 758
8 Modifications et améliorations 760
8.1 Modifications 761
8.1.1 Energie 762
8.1.2 Focus sur l'Energie, hors Transport 763
8.1.3 Focus sur le Transport....765
8.1.4 Procédés industriels 766
8.1.5 Agriculture 767
8.1.6 Déchets....768
8.2 Améliorations envisagées 769
9 Projections 794
10 Rapportage des émissions spatialisées et GSP 796
11 Engagements, objectifs de réduction et cas des niveaux d'émission supérieurs aux plafonds 798
11.1 Point sur les différents objectifs....799
11.2 Cas particulier des objectifs de réduction des COVNM à partir de 2020 – Procédure d'ajustement dans le cadre de Göteborg-2 811

Préambule

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 France hexagonale 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 ministère chargé de l'environnement en décembre 2025. 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 2025.

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 ministère chargé de l'environnement 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_2, les NO_X, le NH_3, 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_{10} et $PM_{2,5}$), 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 ont été revues et corrigées pour tenir compte des mises à jour

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 (SO2), nitrogen oxides (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOCs), ammonia (NH3), carbon monoxide (CO), total suspended particles (TSP), fine particles (PM10 and PM2.5), 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 corrected

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 France hexagonale uniquement. Les totaux nationaux rapportés diffèrent de ceux rapportés dans le cadre de la CCNUCC, où le périmètre couvert inclut la France hexagonale 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 2024 ; celles-ci sont, pour la plupart des substances, fortement orientées à la baisse :

Réduction très forte (supérieure à 50%) en ce qui concerne les oxydes de soufre (98%), les oxydes d'azote (70%), les composés organiques volatils non méthaniques (64%), le monoxyde de carbone (83%), l'arsenic (67%), le cadmium (85%), le chrome (92%), le mercure (93%), le nickel (94%), le plomb (98%), le zinc (80%), les dioxines et furanes (94%), les polychloro-biphényles (83%), l'hexachlorobenzène (100%), les PM_{10} (60%), les $PM_{2,5}$ (65%) et le carbone suie (68%).

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 2024 show a decline for most substances:

A very sharp decrease (at least 50%) for sulphur oxides (98%), nitrogen oxides (70%), non-methane volatile organic compounds (64%), carbon monoxide (83%), arsenic (67%), cadmium (85%), chromium (92%), mercury (92%), nickel (94%), lead (98%), zinc (80%), dioxins and furans (94%), polychloro-biphenyls (83%), hexa-chlorobenzene (100%), PM_{10} (60%), $PM_{2.5}$ (65%) and black carbon (68%).

Tableau 1 : Emissions en France hexagonale en 2024 et évolutions

Emissions en France hexagonale en 2024 et évolutions
Emissions for France (mainland) in 2024 and trends

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx / recap

Emissions (*)

Substances *Substances*	Unités *Units*	Années de référence *Reference years*																				Evolutions (%) *Trends (%)* Référence => 2024
		1980	1987	1988	1990	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
SO_2	Gg	3 254			1 328	473	279	230	230	213	164	156	138	133	128	105	87	94	86	78	71	-98%
NOx	Gg	2 194	2 009		2 114	1 571	1 221	1 170	1 156	1 145	1 077	1 050	1 009	970	916	859	755	791	744	680	648	-70%
NH_3	Gg	714			744	683	647	659	653	637	650	657	656	649	647	635	618	605	588	579	574	-20%
COVNM / *NMVOCs*	Gg			2 909	2 884	1 766	1 466	1 355	1 337	1 347	1 281	1 255	1 253	1 247	1 207	1 172	1 134	1 115	1 109	1 067	1 037	-64%
CO	Gg	13 115			10 316	5 562	4 613	3 790	3 592	3 693	3 065	3 050	3 128	3 032	2 873	2 787	2 401	2 678	2 422	2 237	2 229	-83%
As	Mg				18	13	9,1	7,7	7,7	8,1	6,8	6,8	6,9	6,6	6,7	6,4	5,6	6,2	6,1	5,8	5,9	-67%
Cd	Mg				21	6,2	3,7	3,4	3,2	3,3	3,4	3,2	3,6	3,2	2,7	2,9	2,8	2,7	2,7	2,4	3,1	-85%
Cr	Mg				403	63	48	42	43	44	39	40	39	38	38	38	35	35	35	33	33	-92%
Cu	Mg				306	347	344	344	341	347	345	350	351	344	343	339	304	312	320	310	311	1,7%
Hg	Mg				26	7,5	4,9	5,0	4,7	4,5	4,9	4,2	3,7	3,4	3,2	3,3	2,7	2,9	2,5	2,2	1,9	-93%
Ni	Mg				307	156	97	75	66	60	52	46	44	36	31	32	23	24	26	23	20	-94%
Pb	Mg				4 302	178	138	122	125	123	115	109	108	108	107	106	93	100	96	89	90	-98%
Se	Mg				13	13	11	10	11	10	10	10	10	10	10	10	9	10	9	9	8,6	-34%
Zn	Mg				2 106	525	472	452	468	457	431	441	448	438	440	429	388	416	402	408	417	-80%
PCDD/F	g iTEQ				1 802	266	175	163	154	160	150	150	139	136	133	129	119	124	123	120	116	-94%
HAP / *PAHs*	Mg				48	38	39	34	38	41	34	35	37	36	35	36	32	37	33	34	34	-29%
dont / *of which* :																						
BaP	*Mg*				*13,8*	*10,9*	*11,2*	*9,6*	*10,8*	*11,7*	*9,8*	*10,1*	*10,6*	*10,3*	*10,2*	*10,2*	*9,2*	*10,6*	*9,6*	*9,9*	*9,8*	*-29%*
BbF	*Mg*				*16,4*	*12,8*	*13,1*	*11,2*	*12,5*	*13,5*	*11,4*	*11,7*	*12,2*	*12,0*	*11,8*	*11,8*	*10,5*	*12,1*	*11,0*	*11,3*	*11,2*	*-31%*
BkF	*Mg*				*9,6*	*7,6*	*7,8*	*6,6*	*7,5*	*8,1*	*6,8*	*7,0*	*7,3*	*7,2*	*7,0*	*7,1*	*6,4*	*7,3*	*6,7*	*6,8*	*6,8*	*-30%*
IndPy	*Mg*				*8,5*	*6,9*	*7,1*	*6,1*	*6,8*	*7,4*	*6,3*	*6,4*	*6,7*	*6,6*	*6,5*	*6,5*	*5,8*	*6,7*	*6,1*	*6,3*	*6,3*	*-26%*
PCB	kg				178	68	54	46	50	50	42	41	41	42	38	34	30	36	34	29	30	-83%
HCB	kg				1 639	24	58,2	55,1	50,9	54,6	61,7	70,4	79,5	78,6	82,8	66,6	33,8	17,3	6,9	6,4	6,4	-100%
TSP	Gg				1 122	932	856	814	838	848	783	806	822	810	783	784	703	772	738	686	663	-41%
PM_{10}	Gg				590	436	388	337	358	368	316	321	327	317	302	295	260	290	261	247	239	-60%
$PM_{2.5}$	Gg				473	343	305	254	275	285	236	239	245	233	220	213	186	209	182	173	168	-65%
BC	Gg				81	67	58	51	52	53	46	44	43	40	37	35	29	32	28	27	26	-68%

(*) 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 $PM_{2,5}$ en plus de ceux du SO_2, NO_x, NH_3 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 : les principales révisions dans le secteur résidentiel concernent la combustion du bois domestique. La part des appareils anciens dans le parc résidentiel ainsi que leur taux de survie ont été révisés à la hausse, ce qui augmente la part de la consommation dans des équipements moins performants et plus émetteurs.

La combinaison de ces changements entraîne une augmentation significative des émissions de COVNM, CO et

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 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 4th, 2012 in Geneva and set new reduction commitments from 2020 and introduced a commitment for the $PM_{2,5}$ in addition to those for the SO_2, NO_x, NH_3 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: the main revisions in the residential sector relate to domestic wood combustion. The share of older appliances in the residential stock and their survival rates have been revised upwards, increasing the share of wood consumption occurring in less efficient and more polluting devices.

The combination of these changes results in a significant increase in emissions of NMVOCs, CO and particulate

particules (TSP/PM) dans le sous-secteur 1A4bi (biomasse) pour les années récentes.

Certaines révisions méthodologiques et mises à jour de données dans d'autres sous-secteurs énergétiques ont partiellement compensé ces hausses, mais l'évolution du parc d'appareils de chauffage au bois reste le principal facteur expliquant les recalculs récents dans le secteur résidentiel.

Dans le secteur du transport : les principales évolutions concernent principalement la révision de la balance énergétique, ayant entraîné une mise à jour des niveaux de trafic dans le transport routier. Cette révision impacte notamment les estimations des émissions de NOx, CO, COVNM et de certains métaux lourds liés à l'abrasion.

Par ailleurs, des mises à jour spécifiques ont été apportées au transport maritime, incluant la révision des ratios de consommation domestique (impact sur SO_2) ainsi que la mise à jour de certains ratios d'émission pour les POPs. Enfin, la contribution du transport maritime a également été révisée pour certains métaux lourds, notamment le Ni.

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 : les principales révisions dans le secteur industriel proviennent de la correction d'une erreur méthodologique pour les émissions de COVNM liées à l'utilisation de solvants (2D3a) ainsi que de la mise à jour de données statistiques récentes pour certaines activités industrielles.

Des recalculs ont également été effectués pour NOx et SO_2 suite à une réaffectation des émissions de la production de noir de carbone (2B10a) et à la révision des données de production d'acide nitrique et sulfurique (1990-2003).

Les émissions de NH_3 ont été mises à jour sur la base des données de production d'acide nitrique et de facteurs d'émission dérivés de déclarations industrielles. Enfin, les émissions de Ni et HAP ont été introduites ou révisées suite à une nouvelle estimation des émissions du soufflage de bitume, conformément aux recommandations de la revue CEE-NU.

Agriculture : les principales révisions dans le secteur agricole concernent principalement les émissions liées à la fertilisation minérale. Les émissions de NH_3 et NOx ont été révisées à la hausse en raison d'une augmentation des données d'activité (livraisons d'engrais) et de la mise à jour des facteurs d'émission dépendant du type d'engrais et du pH des sols, conformément aux lignes directrices EMEP 2023. Les émissions liées aux résidus de cultures laissés au

matter (TSP/PM) in the 1A4bi (biomass) sub-sector in recent years.

Some methodological updates and data revisions in other energy sub-sectors partially offset these increases, but the revised structure of the domestic wood-burning appliance stock remains the main driver of recent recalculations in the residential sector.

Transport: The main changes are mainly related to the revision of the energy balance, which resulted in updated traffic levels in road transport. This revision affects the emission estimates of NOx, CO, NMVOCs, and certain heavy metals associated with abrasion processes.

In addition, specific updates were made for maritime transport, including revised domestic consumption ratios affecting SO_2 emissions, as well as updated emission ratios for POPs. The contribution of maritime transport was also revised for certain heavy metals, particularly Ni.

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: the main revisions in the industrial sector result from the correction of a methodological error for NMVOC emissions from solvent use (2D3a) and from updates to recent statistical data for certain industrial activities.

Additional recalculations were made for NOx and SO_2 following a reallocation of emissions from carbon black production (2B10a) and revisions of nitric and sulfuric acid production data (1990–2003).

NH_3 emissions were also updated based on nitric acid production data and emission factors derived from industrial emission declarations. Finally, Ni and PAH emissions were introduced or revised following a new estimation of emissions from bitumen blowing, in line with UNECE review recommendations.

Agriculture: the main revisions in the agricultural sector relate primarily to emissions from mineral fertilization. NH_3 and NOx emissions were revised upward due to updated activity data (fertilizer deliveries) and revised emission factors depending on fertilizer type and soil pH, in line with EMEP 2023 guidelines. Emissions from crop residues left on fields are also now included as a new source.

champ sont désormais également prises en compte comme nouvelle source.

Les émissions de COVNM ont été révisées à la hausse suite à la mise à jour de l'estimation des émissions de CH_4 liées à la gestion des effluents des vaches laitières.

Enfin, les émissions associées à la combustion des résidus agricoles ont été révisées suite à la mise à jour des quantités de résidus brûlés au champ, tandis que certaines émissions augmentent avec la prise en compte des feux pastoraux (écobuage).

Déchets : les principales révisions dans le secteur des déchets concernent les feux ouverts et la gestion des boues. Pour les feux ouverts, les recalculs résultent principalement de la mise à jour des données d'activité, incluant l'actualisation des données de population (2021–2024), la révision des quantités de déchets verts gérés domestiquement et l'intégration des émissions liées au brûlage de plastiques agricoles. Les données pour 2023 ont également été mises à jour afin d'intégrer la dernière édition des statistiques des services d'incendie et de secours (2024). Ces mises à jour expliquent les hausses d'émissions observées pour plusieurs polluants, notamment les métaux lourds, les HAP, les particules (PM) et le BC.

Concernant la gestion des boues, les différences observées proviennent principalement de la mise à jour des quantités de boues par type de traitement (épandage agricole, incinération, compostage, mise en décharge) pour la période 2023–2024, entraînant notamment une baisse des émissions de Pb et de HCB.

NMVOC emissions increased following the update of CH_4 emission estimates from manure management for dairy cows.

Finally, emissions related to the burning of agricultural residues were revised based on updated data on residues burned in the field, while some increases are linked to the inclusion of pastoral burning practices.

Waste: the main revisions in the waste sector concern open burning and sludge management. For open burning, recalculations mainly result from updated activity data, including revised population data (2021–2024), updated estimates of domestic management of green waste, and the inclusion of emissions from the burning of agricultural plastics. Data for 2023 were also updated to incorporate the latest Fire and Rescue Service statistics (2024). These updates explain the observed increases in emissions for several pollutants, notably heavy metals, PAHs, particulate matter (PM), and BC.

Regarding sludge management, the observed differences mainly result from updated quantities of sludge by treatment pathway (agricultural use, incineration, composting, landfill) for the period 2023–2024, leading in particular to a decrease in Pb and HCB emissions.

Tableau 2 : Emissions dans l'air en France hexagonale - Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

EMISSIONS EN FRANCE HEXAGONALE

Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /compa

		Année 1990			Année 2005			Année 2023		
Substance	Unité	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)
SO_2	*Gg*	1 309	1 328	1,5%	461	473	2,6%	78	78	-0,02%
NOx	*Gg*	2 140	2 114	-1,2%	1 588	1 571	-1,1%	654	680	4,0%
NH_3	*Gg*	734	744	1,4%	673	683	1,4%	547	579	5,8%
COVNM	*Gg*	2 866	2 884	0,6%	1 749	1 766	1,0%	1 046	1 067	2,1%
CO	*Gg*	10 165	10 316	1,5%	5 509	5 562	1,0%	2 132	2 237	5,0%
As	*Mg*	18	18	1,2%	13	13	1,6%	5,6	5,8	4,4%
Cd	*Mg*	20	21	0,5%	6,1	6,2	1,9%	2,4	2,4	2,0%
Cr	*Mg*	402	403	0,2%	63	63	1,3%	32	33	3,4%
Cu	*Mg*	296	306	3,5%	333	347	4,1%	314	310	-1,3%
Hg	*Mg*	26	26	0,2%	7,4	7,5	0,7%	2,1	2,2	1,1%
Ni	*Mg*	299	307	2,6%	150	156	3,9%	21	23	8,1%
Pb	*Mg*	4 301	4 302	0,0%	176	178	0,9%	87	89	1,7%
Se	*Mg*	13	13	0,5%	12	13	0,6%	8,5	8,7	1,8%
Zn	*Mg*	2 100	2 106	0,3%	514	525	2,2%	387	408	5,3%
PCDD-F	*g iTEQ*	1 801	1 802	0,0%	264	266	0,5%	119	120	0,8%
HAP	*Mg*	46	48	4,8%	35	38	7,8%	32	34	8,7%
BaP	*Mg*	13	14	4,9%	10	11	8,0%	9,1	9,9	8,6%
BbF	*Mg*	15	16	6,6%	12	13	11%	10	11	10%
BkF	*Mg*	9,4	9,6	2,4%	7,3	7,6	4,1%	6,4	6,8	6,9%
IndPy	*Mg*	8,2	8,5	4,1%	6,5	6,9	6,6%	5,8	6,3	8,0%
PCB	*kg*	178	178	0,1%	68	68	0,2%	30	29	-0,8%
HCB	*kg*	1 639	1 639	0,002%	24	24	0,1%	6,7	6,4	-5,4%
TSP	*Gg*	1 255	1 122	-11%	1 035	932	-10%	760	686	-10%
PM_{10}	*Gg*	599	590	-1,4%	441	436	-1,0%	239	247	3,5%
$PM_{2,5}$	*Gg*	475	473	-0,4%	341	343	0,4%	160	173	8,2%
BC	*Gg*	82	81	-2,2%	67	67	0,1%	26	27	4,5%

Inclusion/exclusion de la fraction condensable dans les facteurs d'émissions des particules PM2,5 et PM10

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 $PM_{2,5}$ et PM_{10}.

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 inclues.

La table complète est disponible en annexe 2.3 du rapport.

Projets d'améliorations prioritaires à venir

Les projets d'améliorations prioritaires concernent l'intégration des nouveautés dans le guide EMEP / EEA, 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 : poursuite des investigations sur les émissions de CO de la sidérurgie, intégration des émissions liées au soufflage du bitume selon le guide EMEP/EEA, amélioration de l'estimation du CH_4 des décharges, poursuite de la prise en compte des techniques de réduction des émissions de NH_3 en agriculture, , ou encore la prise en compte des différents types de brûlage agricole…

Inclusion/exclusion of the condensable component from PM2,5 et PM10 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 $PM_{2,5}$ and PM_{10}.

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

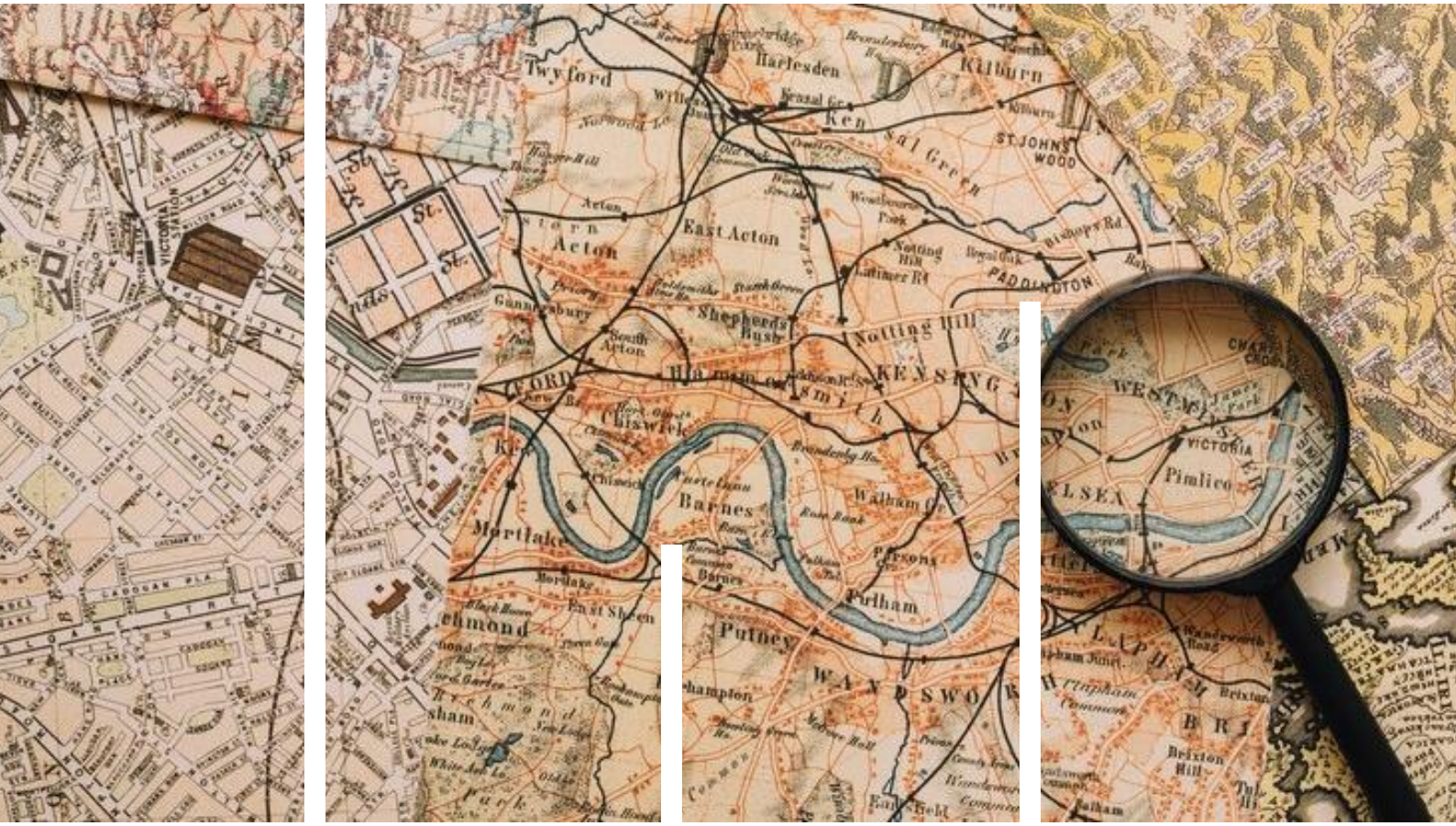
The main improvements concern the integration of the new information within the EMEP / EEA guidelines, the increase of "bottom-up" use of plant data in the emission inventories, the development of further actions to quantify uncertainties, the improved estimates of particulate and heavy metals emissions 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: continuing investigations on CO emissions from the steel industry, inclusion of emissions from bitumen blowing in accordance with the EMEP/EEA Guidebook, improving the estimation of CH_4 emissions from landfills, continuing to take into account the NH_3 reducing techniques from agriculture, , or even investigations on the different types of agriculture burning…

Exhaustivité

L'inventaire couvre l'essentiel des sources d'émissions mais certaines sources sont encore répertoriées comme non estimées et constituent des pistes d'amélioration et de recherche.

Completeness

The inventory covers the major emission sources, but some sources are still listed as not estimated and could need improvement and research.



1. Introduction (Cadre national et méthodes d’inventaire)

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

1.1.1 Couverture géographique des inventaires

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

Les territoires d'Outre-mer inclus dans l'UE (Guadeloupe, Martinique, Mayotte[1], Saint-Martin, Guyane et Ile de la Réunion) ainsi que les territoires d'Outre-mer non inclus dans l'UE[2] (Saint-Pierre-et-Miquelon, Polynésie Française, Wallis-et-Futuna, St Barthélémy, la Nouvelle-Calédonie[3] 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

Source CITEPA/format CCNUCC - mars 2026	Catégorie		Inventaires					
	Statut "français"	Périmètre inclus / non inclus dans l'UE	CEE-NU	NEC	CCNUCC	CCNUCC UE	GIC	SEQE
96 départements sur le continent européen	Départements hexagonaux	inclus	■	■	■	■	■	■
Guadeloupe Guyane Martinique Réunion	Départements d'Outre-mer	inclus			■	■	■	■
Mayotte[(a)]	Département d'Outre-mer (depuis 2011)	inclus depuis janvier 2014			■	■	■	■
Saint Martin	Collectivités d'Outre-mer (depuis mi-2007)	inclus			■	■	■	■
Saint Barthélémy		non inclus (PTOM)[(c)] depuis janvier 2012			■			
Saint-Pierre et Miquelon Wallis et Futuna Polynésie française	Collectivités d'Outre-mer	non inclus (PTOM)[(c)]			■			
Nouvelle Calédonie	Collectivité *sui generis*	non inclus (PTOM)[(c)]			■			
Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) et Ile de Clipperton[(b)]	TAAF et Ile de Clipperton	non inclus (PTOM)[(c)]			■			

(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[(c)] 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

1.1.2 Couverture des sources émettrices dans le total national

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

[1] Mayotte est devenu département d'outre-mer le 31 mars 2011
[2] En référence à l'année 2018, année la plus récente prise en compte dans l'inventaire
[3] La Nouvelle-Calédonie est une collectivité sui generis

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 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).

1.2 Cadre institutionnel de l'inventaire national

1.2.1 Système national d'inventaire

Cette section décrit les principales composantes et caractéristiques organisationnelles du système national d'inventaires des émissions de polluants et de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère conformément aux dispositions mises en place par le ministère chargé de l'environnement, 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

Les pouvoirs publics s'attachent à disposer de données relatives aux émissions de polluants et de GES 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 chargé de l'environnement.

Le ministère chargé de l'environnement 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

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 ministère chargé de l'environnement.

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 ministère chargé de l'environnement. Le Citepa assiste le ministère chargé de l'environnement dans la coordination d'ensemble du système national d'inventaire des émissions de polluants et de GES 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 (SEQE), sans oublier d'autres aspects (guides publiés par le ministère chargé de l'environnement, système de déclaration annuelle des rejets de polluants, etc.) pour lesquels il est important de veiller à la cohérence des informations.

Le ministère chargé de l'environnement 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'environnement
	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 Utilisation de solvants et autres produits	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées.	Ministère chargé de l'environnement
	Production des IAA. Enquêtes de branches.	Ministère chargé de l'agriculture et de la pêche
	Statistiques industrielles.	INSEE
	Inventaires de fluides frigorigènes.	ADEME
	Déclarations annuelles des rejets polluants de certaines installations classées.	Ministère chargé de l'environnement
	Production, imports et exports, consommation de peinture/encre/colle.	IINSEE et ministère chargé du commerce extérieur

SECTEUR	TYPE DE DONNÉES	ORGANISME ÉMETTEUR DES DONNÉES
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 France hexagonale.	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 chargé de l'environnement
	Déclarations de rejets polluants. Surveillance dioxines/métaux lourds des usines d'incinération.	Ministère chargé de l'environnement
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 ministère chargé de l'environnement 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 chargé de l'environnement 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 ministère chargé de l'environnement notamment le SDES,
- du ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la souveraineté alimentaire (MAASA), 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 du réseau Atmo France des agences agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA), du réseau RARE des agences et observatoires régionaux de l'énergie et de l'environnement ou encore du Haut-Conseil pour le Climat (HCC).

La diffusion des inventaires d'émission est partagée entre plusieurs services du ministère chargé de l'environnement 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 ministère chargé de l'environnement, 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 : Données Air et Climat - Citepa . 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 ministère chargé de l'environnement dans le cadre de l'évaluation de la modélisation intégrée pour ce qui concerne les émissions. Le Citepa assure conjointement avec le ministère chargé de l'environnement 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

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 (GCIIE).

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 ministère 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.

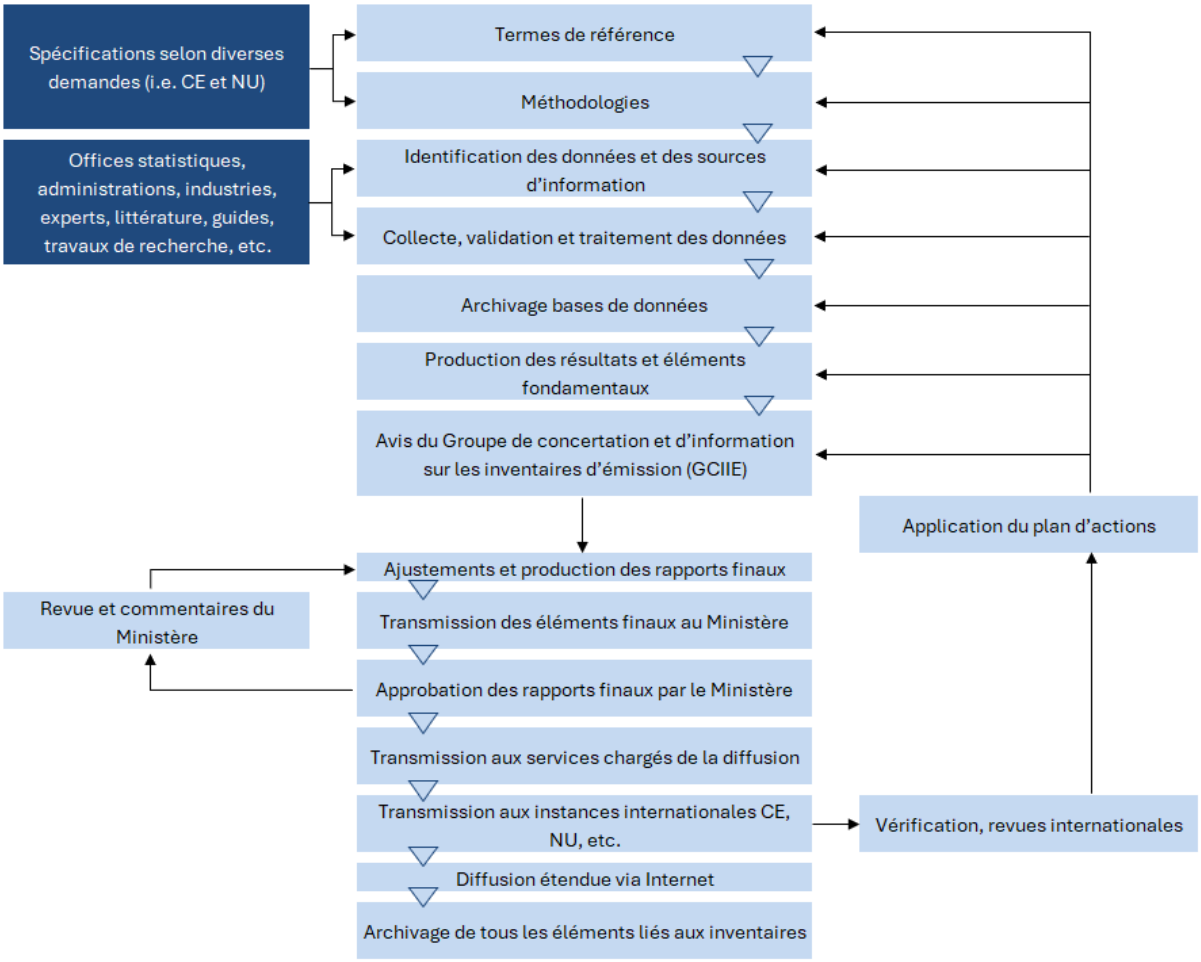
Les éléments finalisés sont remis au ministère chargé de l'environnement qui, après examen et approbation, les communique aux instances internationales après les avoir éventuellement intégrées dans les rapports nationaux (communication nationale, rapportage au titre de la décision 2005/166/CE, décision 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

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-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)périylène, 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 B*lack 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 (environ 600 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_2, 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 « France hexagonale », « 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 hexagonale 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 ~10 x 10 km^2, 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[4] à réaliser à partir de 2017 tous les 4 ans).

[4] European Monitoring and Evaluation Programme

1.4 Généralités sur les méthodes et les sources de données utilisées

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 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_2, NO_x, CO, CO_2, 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_2).
$E_1 > 0 \; et \; E_2 < 0$	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).

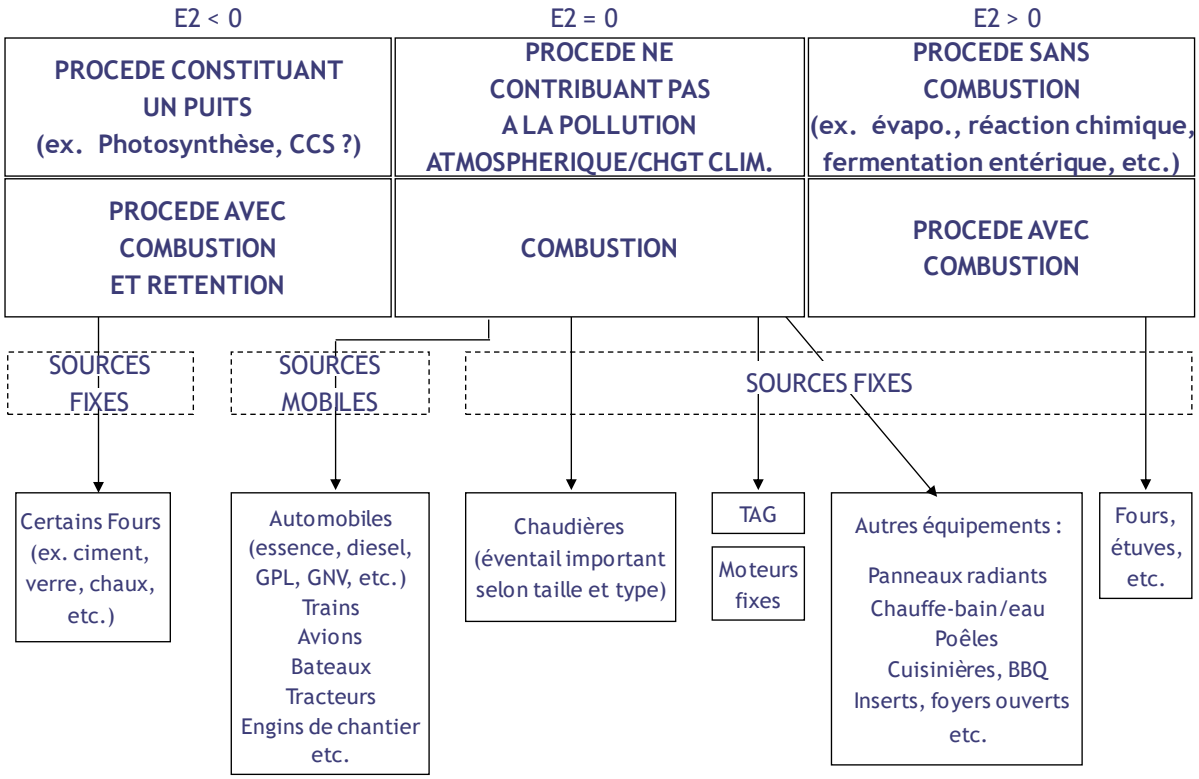
Des différenciations plus fines conduisent à une caractérisation de certaines sources (cf. fig. 1).

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

Cette section présente l'analyse des catégories clés en 2024 pour chacun des polluants de la CEE-NU ainsi que pour l'indicateur acide équivalent[5]. 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_2 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_3 par exemple provient principalement du secteur agricole).

[5] L'indicateur acide équivalent est basé sur la mobilisation potentielle de l'ion H^+ dans les composés dérivés de SO_2, NO_x et NH_3 (contributeurs majeurs à l'acidification). La participation de chacune de ces substances est pondérée par la part en masse des ions H^+, soit 0,0313 pour SO_2, 0,0217 pour NO_x et 0,058 pour NH_3.

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_x, CO, SO_x,
- 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^{e} ou 2^{e} contributeur de nombreux polluants (NO_x ; 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 16% à 61% des émissions nationales suivant la granulométrie),
- du *black carbon* (56% des émissions nationales),
- des PCDD-F (21% des émissions nationales),
- des HAP (76% des émissions nationales),
- des PCB (29% des émissions nationales),
- de certains métaux lourds (As (25%) et Cr (22%) des émissions nationales),
- et du CO (pour 48% des émissions nationales).

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

- de particules (de 10% à 22% des émissions nationales suivant la granulométrie),
- des COVNM (35% des émissions nationales)
- du SO_2 (13% des émissions nationales)
- des PCB (33% des émissions nationales),
- de certains métaux lourds (Cd (17%), Zn (15%), Cu (24%), Cr (8,2%) et Ni (22%) des

émissions nationales),
- et du CO (pour 14% 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 96% des émissions nationales en 2024. Ces émissions importantes de NH_3 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 2024. Par ailleurs, le travail des sols (labour) est la première source d'émissions de TSP avec 47% des émissions nationales en 2024.

Au sein du secteur **Déchet (NFR 5),** l'incinération en particulier impacte notablement les émissions de PCDD/F (52% 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_x, CO, SO_x et NH_3, 1988 pour COVNM et 1990 pour le reste des polluants, la dernière année de la période est 2024). 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).

Figure 3 : Rangs par polluant des catégories clés en niveau d'émissions en 2024

Rangs par polluant des catégories clés en niveau d'émissions en 2024

NFR	NFR Libellé	NOx	COVNM/NMVOCs	SO_2	NH_3	$PM_{2.5}$	PM_{10}	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	PCDD/F	HAP / HAPs	HCB	PCB
1A1a	Public Electricity and Heat Production	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	5	-	6	-	-	1	5
1A1b	Petroleum refining	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-
1A1c	Manufacture of Solid Fuels	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2a	Stationary Combustion: Iron and Steel	-	-	1	-	-	-	-	-	4	3	6	8	6	5	-	9	-	-	-	-	-	4
1A2b	Stationary Combustion: Non-ferrous Metals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2c	Stationary Combustion: Chemicals	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2d	Stationary Combustion: Pulp, Paper and Print	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2e	Stationary Combustion: Food Processing,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic	5	-	2	-	-	-	-	-	-	6	1	1	4	6	-	7	1	-	-	-	-	3
1A2g	Other Combustion in manufacturing	6	-	8	-	-	-	-	-	-	5	-	-	3	3	-	-	3	-	-	-	-	-
1A3a	Civil Aviation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3b	Road Transport	1	-	-	-	2	3	-	2	3	1	7	2	1	1	1	3	-	1	3	2	-	-
1A3c	Railways	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
1A3d	Navigation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
1A3e	Other Transport	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A4a	Commercial / Institutional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A4b	Residential	4	3	5	-	1	1	3	1	1	2	4	5	2	2	-	4	2	2	2	1	3	2
1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A5a	Other, Stationary	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A5b	Other, Mobile	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B1a	Coal Mining and Handling	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B1b	Solid fuel transformation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
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	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2d	Other fugitive emissions from energy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A1	Cement Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A2	Lime Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A3	Glass production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A5	Quarrying and mining / Construction…	-	-	-	-	4	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	-	-	10	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C	Metal Production	-	-	3	-	-	-	-	-	2	-	-	6	-	-	-	6	-	5	-	-	-	1
2D3a	Domestic solvent use including fungicides	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	4	2	1	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	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3D	Agricultural Soils	2	2	-	1	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3F	Field Burning of Agricultural Wastes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3I	Agriculture other	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5A	Solid waste disposal on land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5B	Other Biological treatment of waste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5C	Waste Incineration	-	-	-	-	5	-	-	3	-	-	8	4	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-
5D	Waste-water Handling	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5E	Other waste	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
6	Other	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figure 4 : Rangs par polluant des catégories clés en évolution d'émissions en 2024

Rangs par polluant des catégories clés en évolution d'émissions en 2024

NFR	NFR Libellé	NOx	COVNM/NMVOCs	SO_2	NH_3	$PM_{2.5}$	PM_{10}	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	PCDD/F	HAP / HAPs	HCB	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	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	5	-	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2e	Stationary Combustion: Food Processing,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
1A2f	Stationary Combustion: Non-metallic	5	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
1A2g	Other Combustion in manufacturing	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-
1A3a	Civil Aviation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3b	Road Transport	1	1	5	-	2	2	3	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
1A3c	Railways	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A3d	Navigation	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-
1A3e	Other Transport	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A4a	Commercial / Institutional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
1A4b	Residential	-	2	4	-	1	1	1	2	-	-	-	-	3	-	6	-	2	-	-	1	-	-
1A4c	Agriculture/Forestry/Fishing	4	-	-	-	4	6	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A5a	Other, Stationary	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A5b	Other, Mobile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B1a	Coal Mining and Handling	-	-	-	-	3	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B1b	Solid fuel transformation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
1B1c	Other fugitive emissions from solid fuels	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2a	Fugitive emission from liquid Fuels (Oil)	-	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2b	Fugitive emissions from natural gas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2c	Venting and flaring	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B2d	Other fugitive emissions from energy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A1	Cement Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A2	Lime Production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A3	Glass production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A5	Quarrying and mining / Construction…	-	-	-	-	-	4	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	-	-	-	-	-	5	5	-	2	-	2	-	2	1	4	1	-	1	-	-	-	-
2D3a	Domestic solvent use including fungicides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-	-	-	-	-	-	-
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
3F	Field Burning of Agricultural Wastes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1.6 Contrôle et assurance qualité

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

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, 2019, 2022, 2025 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.

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

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 (CRT, 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 efficience 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

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[6]. 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 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 2.6.4 ci-après) et l'enregistrement des vérifications effectuées avec VESUVE ainsi qu'avec l'onglet de comparaison entre éditions.

[6] VESUVE : VErification et SUivi des fiches de l'inVEntaire

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 (liées à 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 :

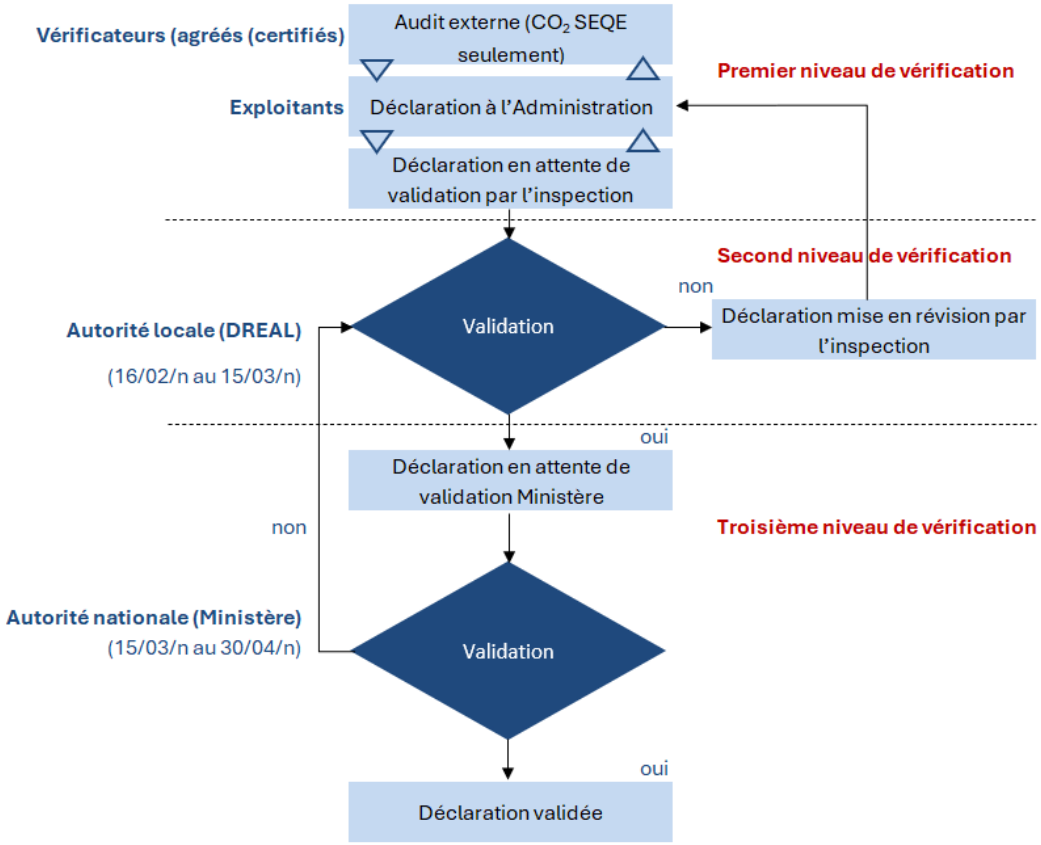
- A assurer la disponibilité de la documentation utilisée pour les inventaires d'émission,
- Au classement et à l'archivage de toutes les données et informations considérées pour chaque inventaire,
- A préserver l'éventuelle confidentialité de certaines données.

1.6.4 Assurance de la qualité

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.



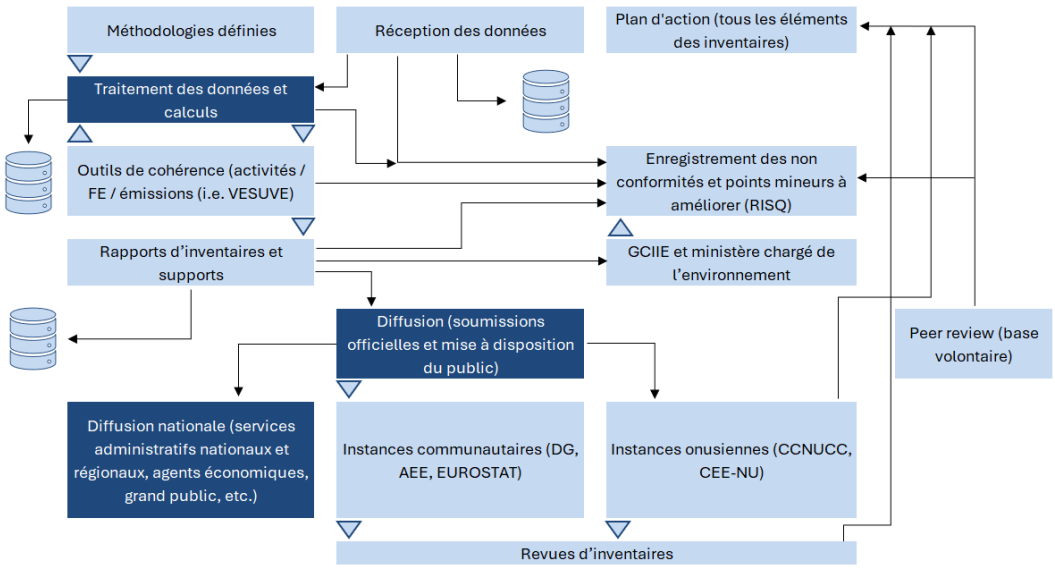
- L'assurance qualité mise en œuvre par les entités statistiques chargées d'élaborer certaines données dans le cadre des agréments reçus par l'Administration (bilan énergie, productions, etc.). Cette assurance qualité est donc intégrée en amont de l'inventaire proprement dit.
- Les revues diligentées 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[7]. 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.



[7] RISQ : Réseau Intégré du Système Qualité

1.6.5 Exemples de dispositions pratiques

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

L'évaluation des incertitudes de l'inventaire est un sujet particulièrement complexe. Dans la plupart des cas, il est difficile de déterminer précisément l'incertitude associée à une catégorie source, compte tenu de la complexité des phénomènes étudiés, de leur variabilité, des méthodes utilisées et du manque d'information sur les incertitudes des données d'entrée.

Le guide EMEP/EEA (General Guidance, chap. 5) définit la méthodologie de référence pour l'analyse des incertitudes, qui repose sur deux étapes.

Dans un premier temps, pour chaque polluant, les incertitudes sont estimées pour chaque catégorie source. Ce niveau d'analyse est retenu en cohérence avec l'analyse des sources clés et au niveau où les variables utilisées pour estimer les émissions sont les plus indépendantes des autres catégories. Pour chaque catégorie, l'incertitude sur les émissions résulte de la combinaison des incertitudes associées aux données d'activité et aux facteurs d'émission. Les valeurs retenues s'appuient sur le guide EMEP/EEA, la

littérature, les statistiques nationales et, le cas échéant, l'expertise sectorielle. Les détails méthodologiques et les valeurs retenues pour chaque catégorie sont présentés dans les sections sectorielles correspondantes.

Dans un second temps, ces incertitudes sont combinées par polluant afin de déterminer l'incertitude totale de l'inventaire pour une année donnée, ainsi que celle associée à son évolution. Cette combinaison est réalisée conformément aux règles de propagation définies dans guide EMEP/EEA.

Le guide EMEP/EEA propose deux approches de combinaison : l'approche « Tier 1 », fondée sur la propagation analytique des incertitudes, et l'approche « Tier 2 », reposant sur la propagation numérique par simulation « Monte Carlo ». Actuellement, seule **l'approche « Tier 1 »** est appliquée, la méthode « Monte Carlo » nécessitant des données d'entrée plus détaillées et un développement informatique dédié.

Les tableaux en Annexe 9 donnent les résultats de la quantification des incertitudes sur les niveaux d'émissions par source pour les polluants de la CEE-NU. Les résultats montrent **une importante disparité selon le polluant considéré** : allant de 12,8 % pour les SOx à 141 % pour les TSP. Les NOx présentent une incertitude de 80,7 %, le NH3 de 41,4 %, les COVNM de 49,8 % et les CO de 53,7 %. Pour les métaux lourds et les POP, les incertitudes varient de 32 % pour le Hg à 237 % pour le Cu.

A l'exception du traitement des déchets, ces incertitudes sur les émissions sont principalement portées par les facteurs d'émission plutôt que par les données d'activité. Ces incertitudes résultent des modes d'estimation des émissions (bilan de masse, facteurs d'émission basés sur des mesures, ou tirés de la littérature), du degré de connaissance disponible selon les polluants (induisant un nombre d'études plus ou moins conséquent), ainsi que de la difficulté à caractériser certaines variables à l'échelle nationale (structure de parcs des équipements par exemple).

Par ailleurs, pour certains polluants, l'incertitude sur les émissions est relativement homogène entre les différentes catégories sources. En revanche, pour d'autres, l'incertitude totale de l'inventaire est déterminée par une seule catégorie dominante. C'est notamment le cas des TSP et des NOx, pour lesquels la catégorie 3D (sols agricoles) porte l'essentiel de l'incertitude au niveau national. Le poids important de cette catégorie dans les émissions totales, associé à des incertitudes très élevées sur les facteurs d'émission, atteignant 400 % pour les NOx et 296 % pour les TSP, explique cette situation (l'incertitude sur l'activité associée à cette catégorie est de 18 %).

De manière similaire, pour les métaux Cu, Cr, Pb et Zn, la catégorie 1A3 (transport) détermine majoritairement l'incertitude nationale. Cette configuration repose sur la même combinaison entre poids dans les émissions totales et incertitudes élevées sur les facteurs d'émission. Pour ces métaux, les incertitudes sur les facteurs d'émission du

transport atteignent 326 % pour le Cu, 342 % pour le Cr, 301 % pour le Pb et 209 % pour le Zn (l'incertitude sur l'activité associée à cette catégorie est de 3%).

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 SO2 à 38 % pour les TSP, 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

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 de rapportage final 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
NO *Not occuring*	La source ou le procédé n'existe pas dans le pays.	Employé
NE *Not estimated*	Des émissions ont lieu, mais ne sont ni estimées ni rapportées.	Employé

NA *Not applicable*	La source existe mais les émissions d'un polluant donné sont considérées ne jamais avoir lieu.	Employé
IE *Included elsewhere*	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
C *Confidential information*	Les émissions sont agrégées et incluses ailleurs dans l'inventaire car au niveau désagrégé de rapportage l'information est confidentielle.	Employé en activité
NR *Not relevant*	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)

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_3	Les émissions de NH_3 sont supposées négligeables.

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

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 à partir du charbon	1A4ai	Sources fixes du tertiaire	Tous	Le bilan de l'énergie ne permet pas de distinguer la consommation de charbon

Code NFR		Inclus dans le code NFR		Polluant(s)	Justification
					spécifiquement pour les trains. De plus cette utilisation de charbon dans les trains correspond à une activité de tourisme/loisir.
1A3eii	Autres transports	1A4ai	Sources fixes du tertiaire	Tous	Le bilan de l'énergie ne permet pas de distinguer ces consommations
1A4aii	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 du tertiaire	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_x, SO_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 SO_x et NO_x du 1B1b sont incluses dans le secteur 1A1c_solid fuel transformation avec les émissions liées à la combustion.
2A1	Production de ciment	1A2f	Combustion dans l'industrie minéraux non métalliques	NO_x, COVNM, SO_x 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_x, COVNM, SO_x 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_x, COVNM, SO_x, ML et particules	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
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
2C3	Industrie des métaux non-ferreux (production d'aluminium, électrolyse)	1A2b	Combustion dans l'industrie : métaux non ferreux	PCDD-F, HCB, NO_x	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
2C4	Production de magnésium	1A2b	Combustion dans	Tous	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion

Code NFR		Inclus dans le code NFR		Polluant(s)	Justification
2C5	Production de plomb		l'industrie : métaux non ferreux		des émissions dues au procédé
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 dans l'industrie manufacturière et la construction - autres	PM, BC	Il est difficile de séparer les émissions de la combustion des émissions dues au procédé
2H1	Papier	1A2d	Combustion dans l'industrie papetière	NO_x, 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 Description des sources incluses dans les catégories "Autres" du 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 8 : 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	0301xx*	Installations de combustion dans les secteurs de l'équipement, de la production de papier carton, de la production de minéraux non-métalliques et	NO_x, CO, COVNM, SO_x, NH_3, TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, Pb, Cd,

Code NFR		SNAP 97c	Description du sous-secteur	Substance(s) concernées
	manufacturière et la construction - autres		de matériaux de construction et dans divers industries	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_x, CO, COVNM, SO_x, NH_3, TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, 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_2O et d'hydrogène)	
		040501	Ethylène	
		040502	Propylène	
		040504	Chlorure de vinyle (excepté 04.05.05)	
		040506	Polyéthylène basse densité	
		040507	Polyéthylène haute densité	
		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 utilisations 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_{10}, $PM_{2,5}$, BC
		060602	Tabac (consommation)	NO_x, COVNM, CO, TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, BC, Pb, Hg, As, Cd, Cr, Cu, PCDD/F, BaP, BbF, BkF, IndPy
		0701xx à 0705xx	Huile non énergétique (4 temps)	HAP, NO_x, COVNM, CO, TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, BC, Pb, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Se, PCDD/F, PCB, NH_3, SO_x
2H3	Autres procédés industriels	040615	Fabrication d'accumulateurs	Pb
		060502	Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des halocarbures ou du SF_6	COVNM
		060503	Equipements de réfrigération et d'air conditionné, utilisant des produits autres que des halocarbures ou du SF_6	NH_3
3B4h	Autres animaux	100515	Autres déjection animales (lapins)	NH_3, PM_{10}, $PM_{2,5}$, TSP

Code NFR		SNAP 97c	Description du sous-secteur	Substance(s) concernées
5E	Autres déchets	090703	Feux ouverts - Autres (feux de véhicules et de bâtiments)	Tous sauf COVNM, SOx et NH_3
		1111xx	Forêts de feuillus exploitées	COVNM
		1112xx	Forêts de conifères exploitées	COVNM
		113xxx	UTCATF	NO_x, CO
11C	Autres sources naturelles (exclues du total national)	1101xx	Forêts de feuillus naturelles	COVNM
		1102xx	Forêts de conifères naturelles	COVNM
		110401	Prairies naturelles	COVNM
		111000	Eclairs	NO_x

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

2 Analyses des tendances

2.1 Contexte

L'inventaire des émissions présenté dans ce rapport fournit :

- Les résultats pour la France hexagonale 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_2 (depuis 1980), NO_x (depuis 1980), NH_3 (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_{10}) et à 2,5 microns ($PM_{2,5}$), 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 et GES 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.

2.2 Tendances générales

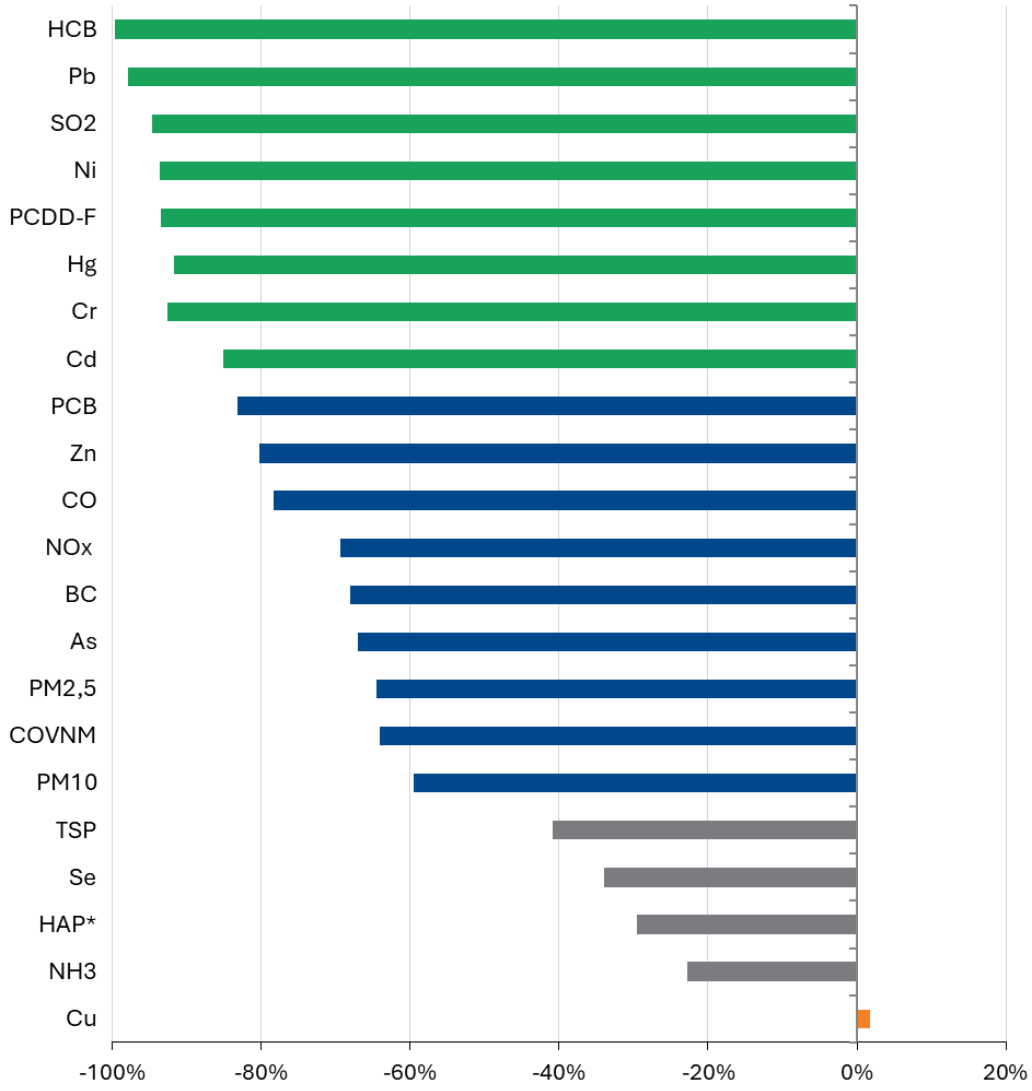


Figure 5 : Evolution (en %) des émissions en France hexagonale entre 1990 et 2024

D'une manière globale, de 1990 à 2024, les émissions de tous les polluants, excepté le cuivre, sont en baisse.

Les émissions des polluants présentés en vert sur la Figure 5**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ont été **quasiment éliminées depuis 1990** (réduction supérieure à 85%) : en particulier les **HCB** [les émissions liées à l'industrie de l'aluminium ayant cessé en 1994], le **plomb** [notamment avec l'arrêt de distribution de carburants plombés à partir de 2000], le **SO_2** [réduction des teneurs en soufre et des consommations de différents combustibles fossiles, développement d'unités de désulfuration], les **dioxines et furanes** (PCDD/F) [mise en place des techniques de réduction au niveau des incinérateurs en lien avec la réglementation], le **nickel** [baisse des consommations de fioul lourd, fermetures de raffineries et mise en place de dépoussiéreurs], **le chrome**

[réduction des rejets industriels suite à la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux], 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 1ère 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 1990-2024 : les **PCB** [*mise en place des techniques de réduction au niveau des incinérateurs en lien avec la réglementation*], 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*], 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 **NO_x** [mise en place de normes européennes d'émission sur les véhicules, développement des pots catalytiques et des systèmes de traitement des NO_x dans les unités de combustion et les industries], les **$PM_{2.5}$** et le **carbone suie** (BC) [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_{10}** [*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 2024 : 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 2024. 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 par la suite.

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

Les émissions des polluants concernés (SO_2, NO_x, NH_3, COVNM, CO) **ont fortement diminué sur la période, à l'exception du NH_3** qui connait une plus faible diminution (23% par rapport à 1990) **:**

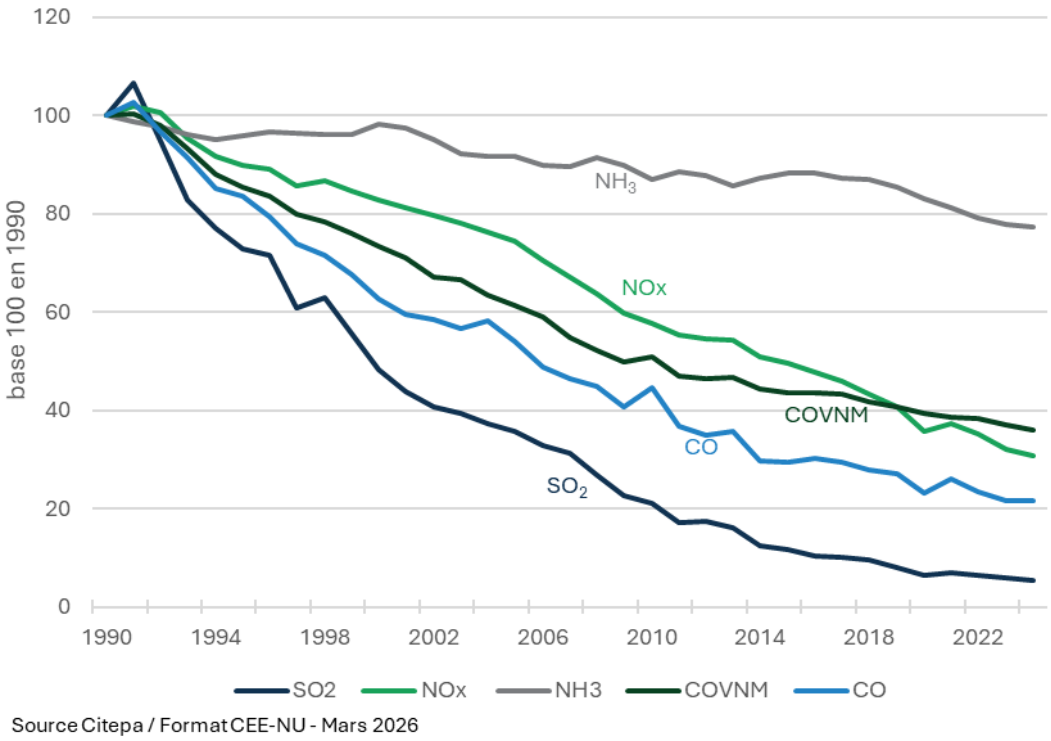


Figure 6 : Evolution des émissions de SO_2, NO_x, NH_3, COVNM et CO entre 1990 et 2024 (base 100 en 1990)

2.3.1 Dioxyde de soufre (SO_2)

Le SO_2 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 9 : Emissions de SO_2 par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	1 287	452	266	143	95	77	84	77	69	61	86,14%	-95%	-12%
Procédés industriels	37	21	12	12	10	9	10	9	8	9	13,31%	-75%	11%
Agriculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,11%	-80%	4%
Déchets	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0,31	0,43%	-91%	-2%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,0%	-	-
Total national	**1 328**	**473**	**279**	**156**	**105**	**87**	**94**	**86**	**78**	**71**	**100%**	**-95%**	**-10%**

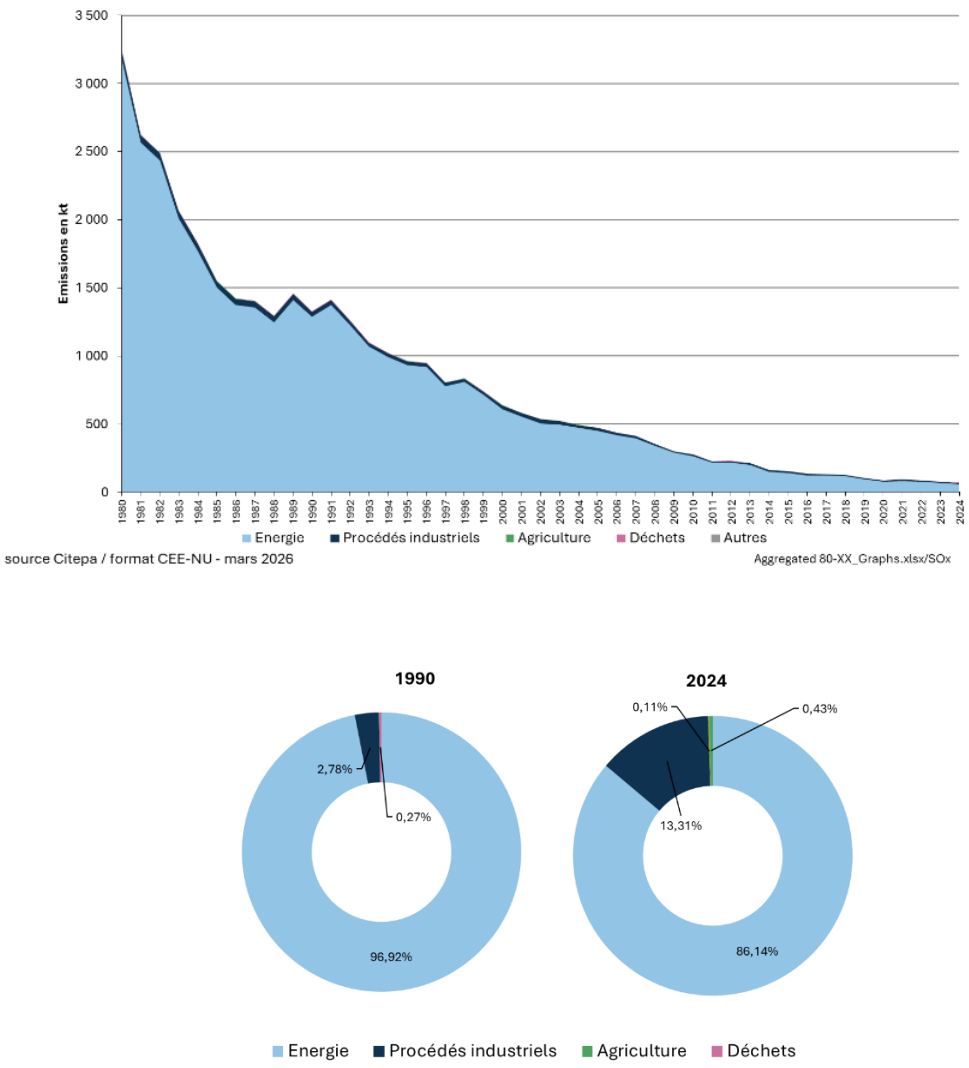


Figure 7 : Evolution et répartition des émissions de SO_2 en France hexagonale

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_2 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 sévériser 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.

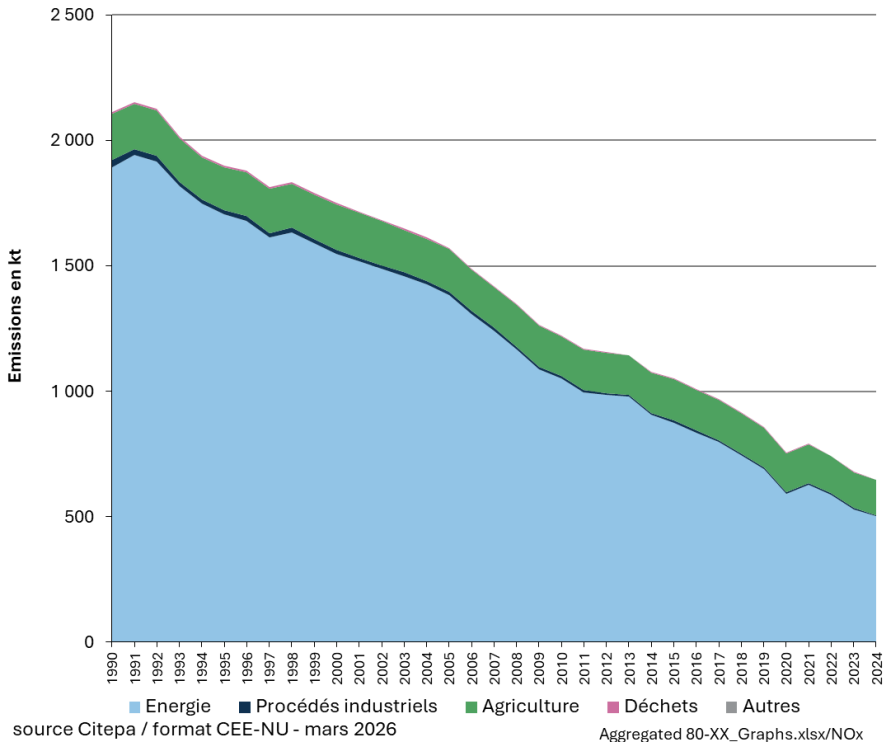
Certaines années voient leurs émissions de SO_2 augmenter (1991, 1998) car elles sont sensibles aux aléas climatiques et aux conjonctures techniques : moindre disponibilité du nucléaire en 1991 ; forte vague de froid ayant nécessité de recourir davantage aux énergies fossiles en 1998. A l'inverse, une 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.

2.3.2 Oxyde d'azote (NO_x)

Les NO_x 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 (77,5%) des émissions en 2024. Les NO_x 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_x (NFR 2 : production d'acide nitrique, fabrication d'engrais, traitement de surfaces, etc.).

Tableau 10 : Emissions de NO_x par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	1 895	1 383	1 051	876	690	590	628	588	531	502	77,45%	-74%	-5%
Procédés industriels	27	14	9	8	8	7	7	5	5	6	0,85%	-79%	8%
Agriculture	186	170	158	163	158	155	153	148	142	139	21,37%	-25%	-3%
Déchets	7	4	3	3	3	3	3	3	2	2	0,32%	-70%	-12%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**2 114**	**1 571**	**1 221**	**1 050**	**859**	**755**	**791**	**744**	**680**	**648**	**100%**	**-69%**	**-5%**



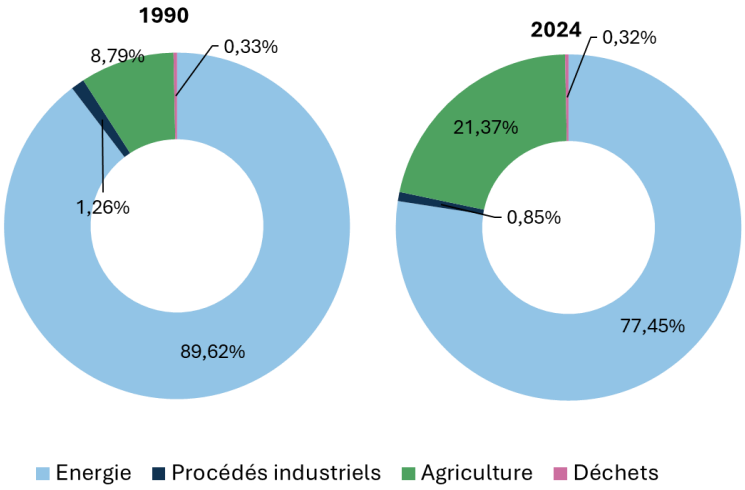


Figure 8 : Evolution et répartition des émissions de NO_x en France hexagonale

La diminution des émissions de **NO_x** entre 1990 et 2024 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_x (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_x 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_x 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 2024, les niveaux d'émission diminuent de 5% par rapport à 2023, confirmant la tendance à la baisse observée depuis les années 1990.

2.3.3 Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

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 11 : Emissions de COVNM par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	1 670	982	575	417	351	300	332	287	274	261	25%	-84%	-4,8%
Procédés industriels	755	677	556	388	376	394	364	382	362	361	35%	-52%	-0,3%
Agriculture	449	442	428	437	432	429	406	430	419	403	39%	-10%	-3,9%
Déchets	10	12	13	13	13	11	13	10	12	12	1%	20%	3,4%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**2 884**	**2 113**	**1 766**	**1 255**	**1 172**	**1 134**	**1 115**	**1 109**	**1 067**	**1 037**	**100%**	**-64%**	**-2,8%**

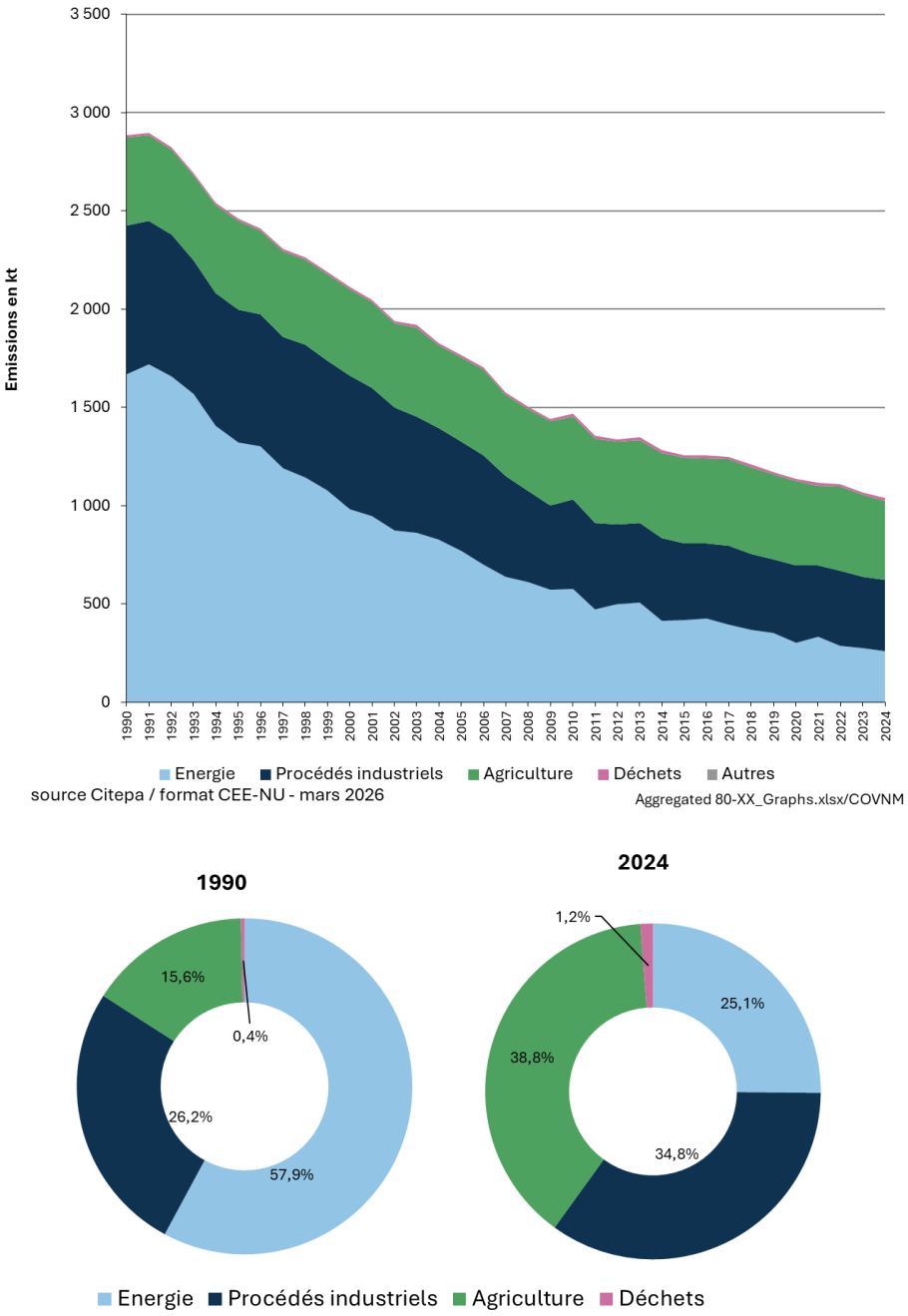


Figure 9 : Evolution et répartition des émissions de COVNM en France hexagonale

La baisse des émissions de COVNM entre 1990 et 2024 est guidée par :

- Une importante baisse des émissions au sein du secteur Energie, qui s'explique par la réduction de 97% 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 diésélisation 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 règlementation 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 COVNM en 2020 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. Après une certaine stagnation dans les émissions en 2022 par rapport à 2021, les émissions de COVNM repartent légèrement à la baisse, avec une diminution de 2,8% entre 2023 et 2024.

Les émissions de l'agriculture ont également diminué mais dans une moindre mesure (-10% sur la période 1990-2024), principalement du fait de la baisse des cheptels.

2.3.4 Monoxyde de carbone (CO)

Les secteurs majeurs contributeurs en 2024 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 12 : Emissions de CO par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	9 417	4 467	3 464	2 552	2 285	2 003	2 231	2 019	1 885	1 855	83,2%	-80%	-1,6%
Procédés industriels	787	1 001	1 058	420	437	348	388	356	298	318	14,3%	-60%	6,6%
Agriculture	83	63	53	39	23	18	18	18	18	19	0,8%	-78%	1,7%
Déchets	29	30	38	40	42	33	41	29	36	38	1,7%	33%	6,0%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**10 316**	**5 562**	**4 613**	**3 050**	**2 787**	**2 401**	**2 678**	**2 422**	**2 237**	**2 229**	**100%**	**-78%**	**-0,4%**

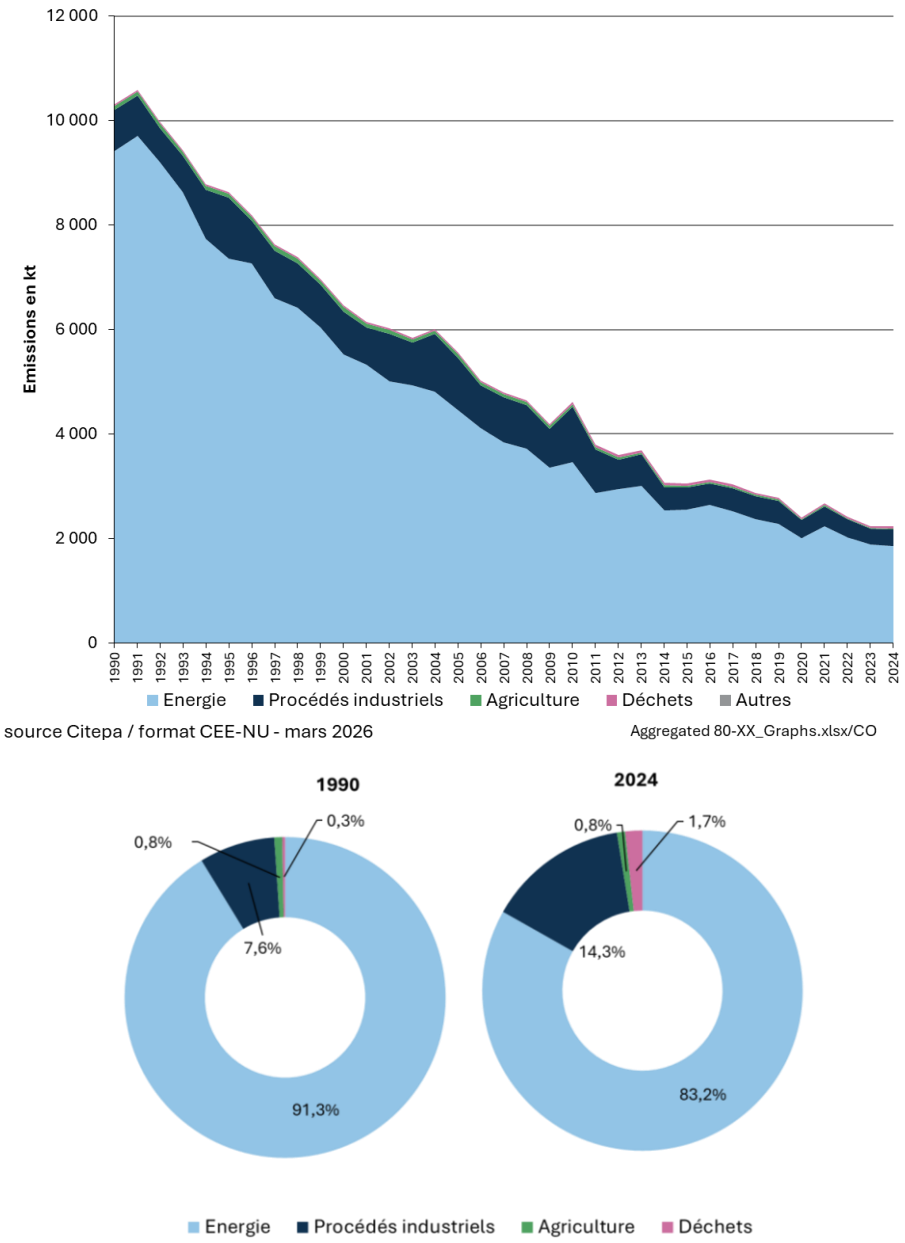


Figure 10 : Evolution et répartition des émissions de CO en France hexagonale

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 diésélisation du parc automobile ont permis de réduire les émissions de 96% entre 1990 et 2024 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.

2.3.5 Ammoniac (NH_3)

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 34% et 66% des émissions du secteur en 2024. En 2024, le secteur de l'énergie (NFR 1) ne représente que 1,5 % des émissions.

Tableau 13 : Emissions de NH_3 par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	5	11	11	8	8	8	9	9	8	9	1,5%	90,6%	5,4%
Procédés industriels	8	6	4	4	4	4	3	4	3	3	0,5%	-64%	-5%
Agriculture	730	663	628	638	615	598	584	567	559	554	96%	-24,2%	-0,9%
Déchets	1	3	4	6	8	9	8	8	9	9	1,5%	638,1%	0,3%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**744**	**683**	**647**	**657**	**635**	**618**	**605**	**588**	**579**	**574**	**100%**	**-22,8%**	**-0,8%**

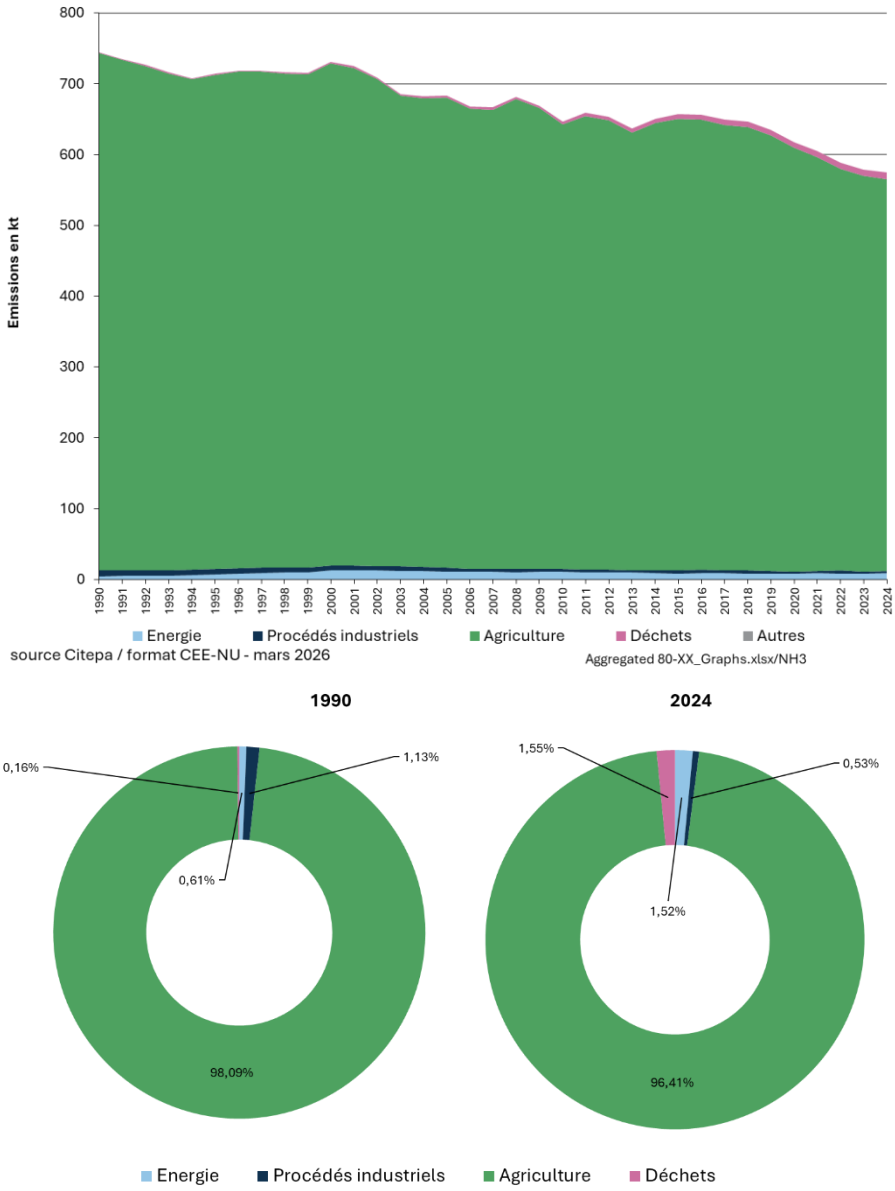


Figure 11 : Evolution et répartition des émissions de NH_3 en France hexagonale

La tendance des émissions de NH_3 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 2024. Il est le principal contributeur aux émissions de NH_3. 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. L'autre 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 28% entre 1990 et 2024. 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.

2.4 Métaux lourds

Parmi les neufs **métaux lourds** considérés dans l'inventaire, tous voient leurs émissions diminuer entre 1990 et 2024, excepté le cuivre dont les émissions augmentent de 6%. Les baisses sont comprises entre 34% (Sélénium) 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. À partir de 2022, les niveaux restent globalement stables pour la majorité des métaux.

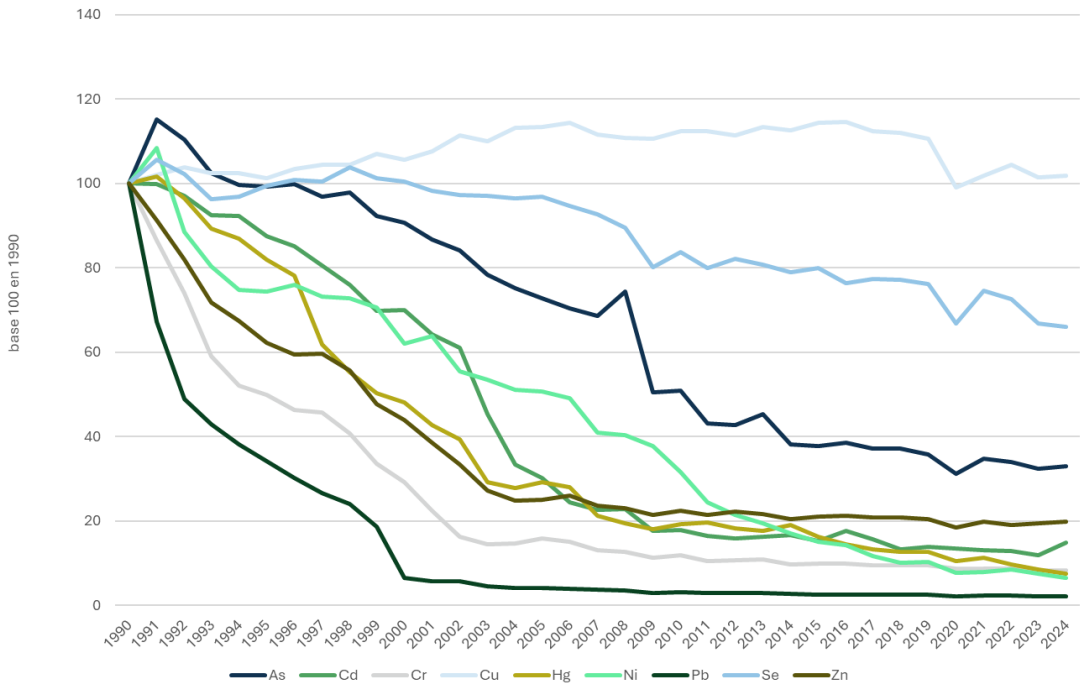


Figure 12 : Evolution des émissions de métaux lourds entre 1990 et 2023 (base 100 en 1990)

2.4.1 Plomb (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 14 : Emissions de Pb par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	4 206	154	124	99	96	86	93	89	82	84	93%	-98%	2.5%
Procédés industriels	50.0	20.0	9.5	6.3	5.7	4.1	3.5	4.1	4.8	4.4	4.9%	-91%	-7.8%
Agriculture	0.45	0.40	0.30	0.21	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.1%	-72%	-0.3%
Déchets	45.3	3.1	3.5	3.3	3.5	3.4	3.1	2.7	2.2	2.2	2.4%	-95%	-0.9%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**4 302**	**178**	**138**	**109**	**106**	**93**	**100**	**96**	**89**	**90**	**100%**	**-98%**	**1.9%**

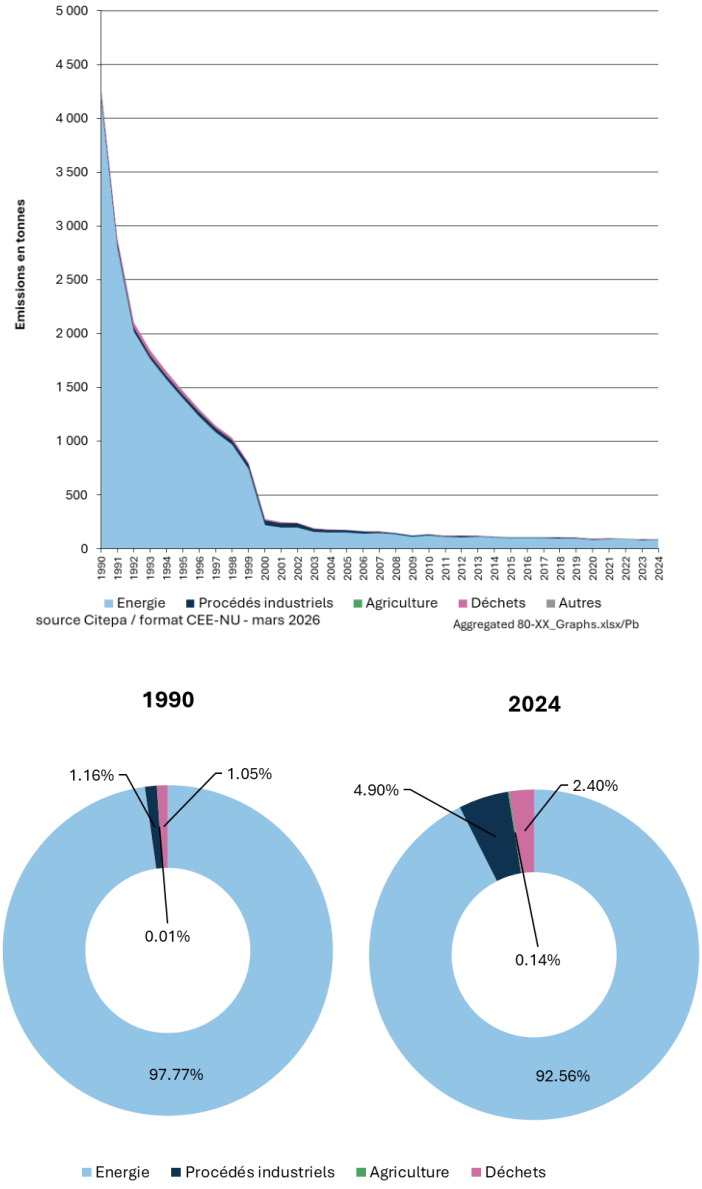


Figure 13 : Evolution et répartition des émissions de Pb en France hexagonale

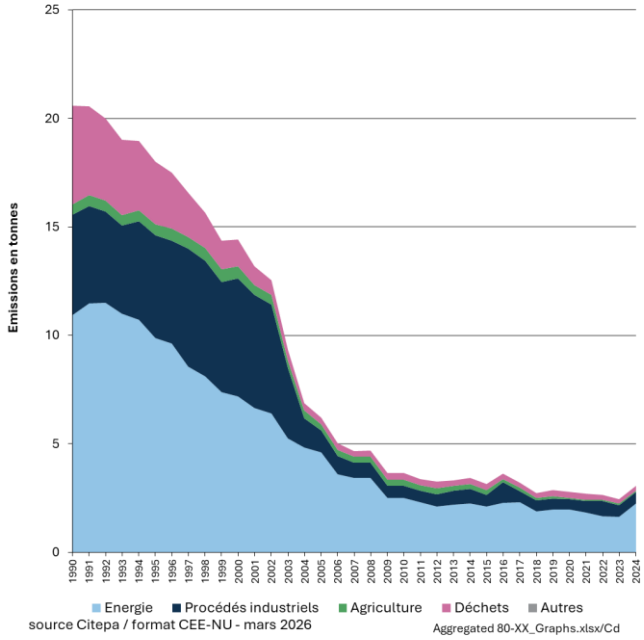
Suite à l’arrêt définitif de la distribution de carburants automobiles plombés à partir de 2000, les émissions de plomb ont chuté drastiquement. Dans une mesure bien moindre en valeur absolue, les progrès réalisés dans les procédés industriels à la suite de la mise en place d’équipements de réduction 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.

2.4.2 Cadmium (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 15 : Emissions de Cd par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	10.9	4.6	2.5	2.1	2.0	2.0	1.8	1.6	1.6	2.2	73%	-79%	38%
Procédés industriels	4.6	1.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	0.5	17%	-89%	-4%
Agriculture	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2%	-87%	6%
Déchets	4.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	7%	-95%	4%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**20.6**	**6.2**	**3.7**	**3.2**	**2.9**	**2.8**	**2.7**	**2.7**	**2.4**	**3.1**	**100%**	**-85%**	**25%**



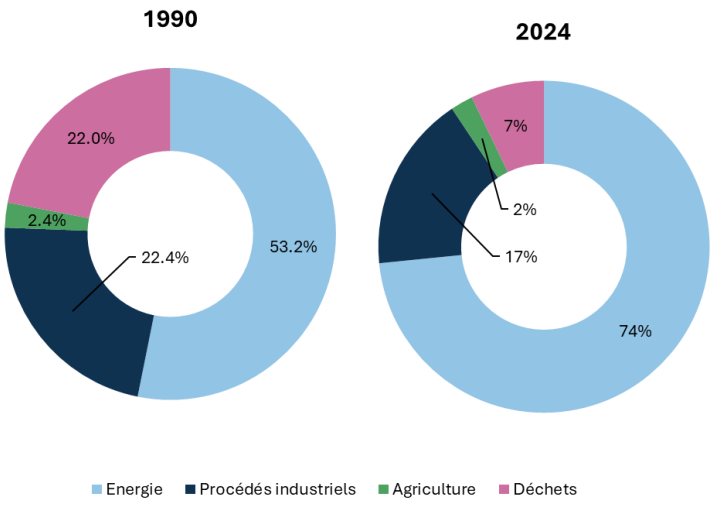


Figure 14 : Evolution et répartition des émissions de Cd en France hexagonale

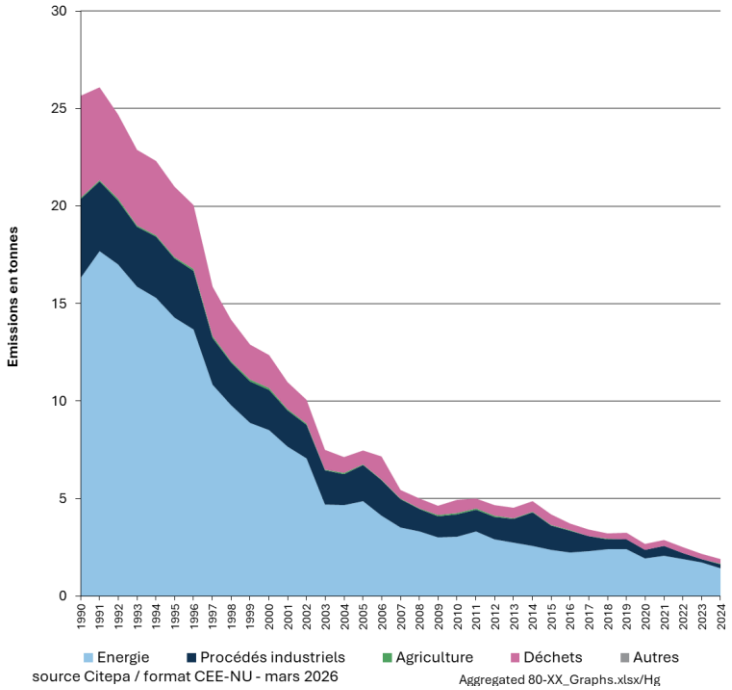
Les émissions de cadmium ont diminué du fait des progrès réalisés dans les secteurs industriels, en particulier la sidérurgie et la métallurgie des métaux non ferreux avec la mise en place de dépoussiéreurs et l'évolution de la composition des matières entrantes dans ces process. La baisse constatée 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.

2.4.3 Mercure (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 16 : Emissions de Hg par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	16.3	4.9	3.1	2.4	2.4	1.9	2.1	1.9	1.7	1.4	76%	-91%	-17%
Procédés industriels	4.0	1.9	1.2	1.2	0.5	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	10%	-95%	22%
Agriculture	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-88%	7%
Déchets	5.2	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	13%	-95%	-1%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**25.6**	**7.5**	**4.9**	**4.2**	**3.3**	**2.7**	**2.9**	**2.5**	**2.2**	**1.9**	**100%**	**-93%**	**-12%**



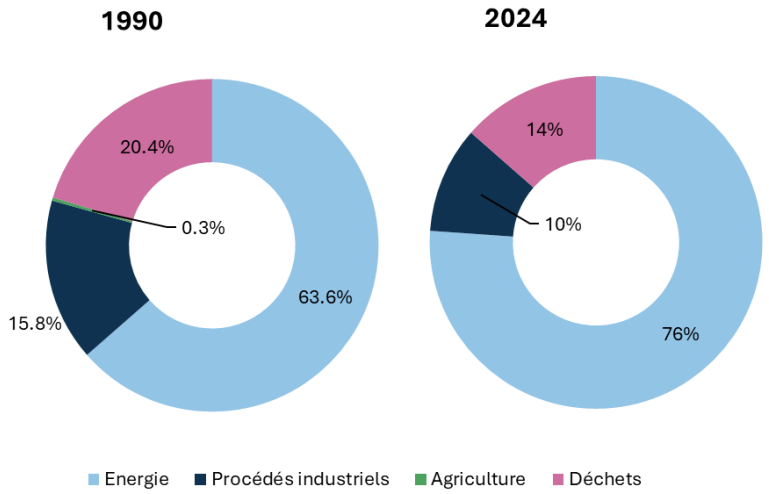


Figure 15 : Evolution et répartition des émissions de Hg en France hexagonale

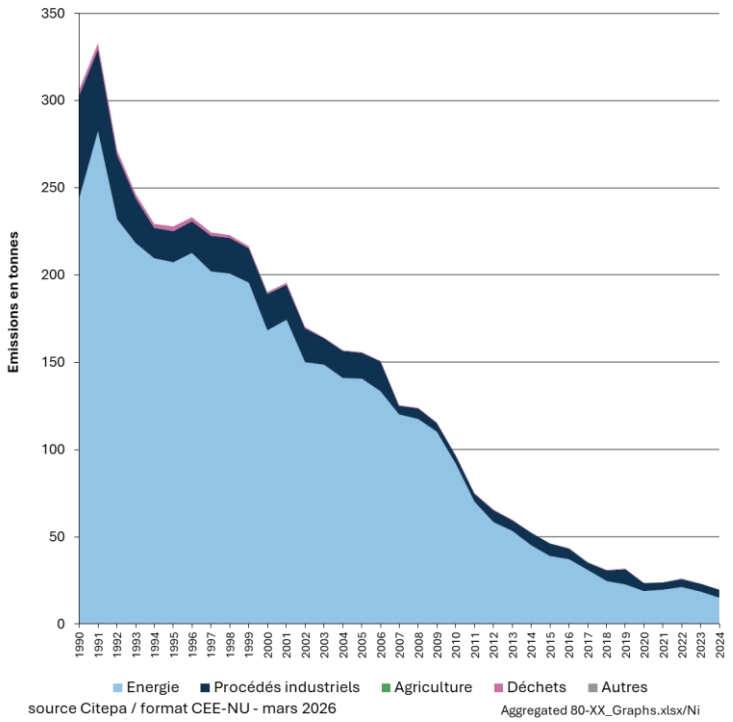
La forte baisse des émissions sur la période est liée à la limitation de l'usage du mercure dans divers produits (piles, thermomètres médicaux) et aux progrès dans les procédés de traitement des déchets, en particulier au niveau de l'incinération des déchets non dangereux avec et sans récupération d'énergie, 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 et 2024.

2.4.4 Nickel (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 17 : Emissions de Ni par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	244.7	140.8	91.9	38.9	22.8	19.0	19.9	21.3	18.6	15.3	77%	-94%	-18%
Procédés industriels	58.6	14.6	4.6	7.3	8.7	4.4	4.0	4.5	4.4	4.4	22%	-93%	0%
Agriculture	0.032	0.018	0.020	0.015	0.008	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.03%	-83%	7%
Déchets	3.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.7%	-96%	-14%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**306.8**	**155.7**	**96.7**	**46.4**	**31.7**	**23.5**	**24.1**	**26.0**	**23.1**	**19.8**	**100%**	**-94%**	**-14%**



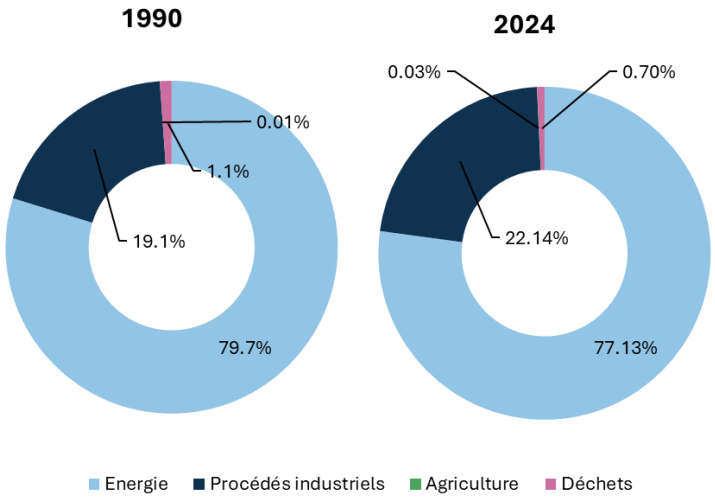


Figure 16 : Evolution et répartition des émissions de Ni en France hexagonale

Dans le raffinage du pétrole et la production d'électricité, la réduction de l'utilisation de fioul lourd a entrainé 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 2023, mais restent inférieures à celles de 2019.

2.4.5 Cuivre (Cu)

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

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

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	241.7	277.9	276.6	278.0	263.2	240.8	243.2	243.8	236.0	237.1	76%	-2%	0.5%
Procédés industriels	57.4	67.6	65.9	71.2	74.5	61.7	67.7	74.8	73.1	73.3	24%	28%	0.4%
Agriculture	0.13	0.10	0.09	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01%	-74%	1.1%
Déchets	6.9	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.2	1.0	0.32%	-86%	-15.7%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**306.2**	**346.9**	**343.8**	**350.3**	**338.7**	**303.5**	**311.9**	**319.5**	**310.3**	**311.5**	**100%**	**2%**	**0.4%**

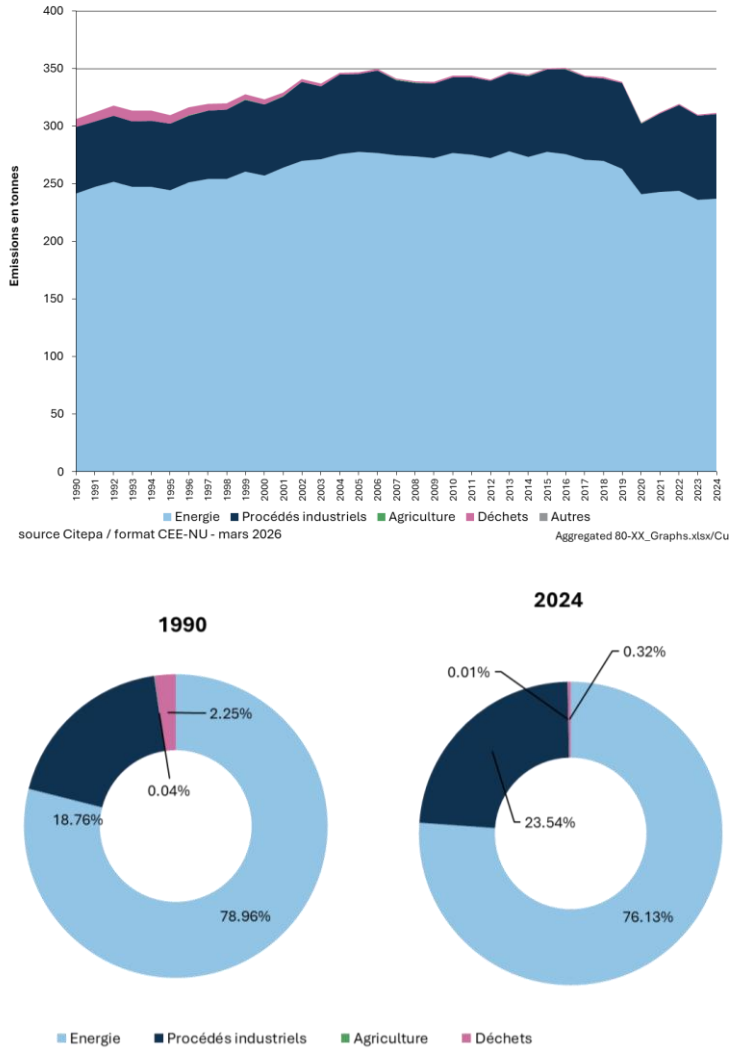


Figure 17 : Evolution et répartition des émissions de Cu en France hexagonale

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.

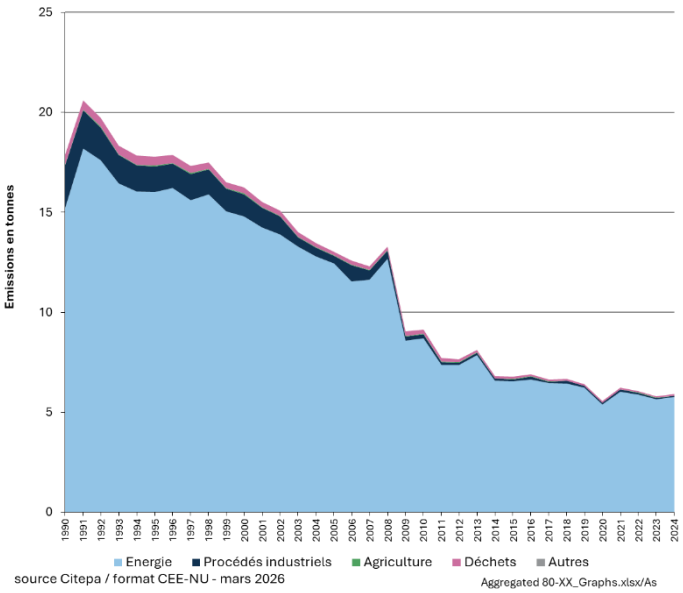
La forte baisse constatée entre 2019 et 2020 est due à la crise sanitaire, ayant principalement impacté le secteur des transports et de l'industrie. Les émissions remontent chaque année entre 2020 et 2022 mais restent inférieurs au niveau de 2019.Entre 2023 et 2024, les émissions de cuivre ont légèrement augmenté de 0,4 %.

2.4.6 Arsenic (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 19 : Emissions de As par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	15.2	12.4	8.7	6.5	6.2	5.4	6.0	5.9	5.7	5.8	97%	-62%	1.9%
Procédés industriels	2.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1%	-98%	1.0%
Agriculture	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-64%	2.1%
Déchets	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1%	-83%	-2.4%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**17.9**	**13.0**	**9.1**	**6.8**	**6.4**	**5.6**	**6.2**	**6.1**	**5.8**	**5.9**	**100%**	**-67%**	**1.8%**



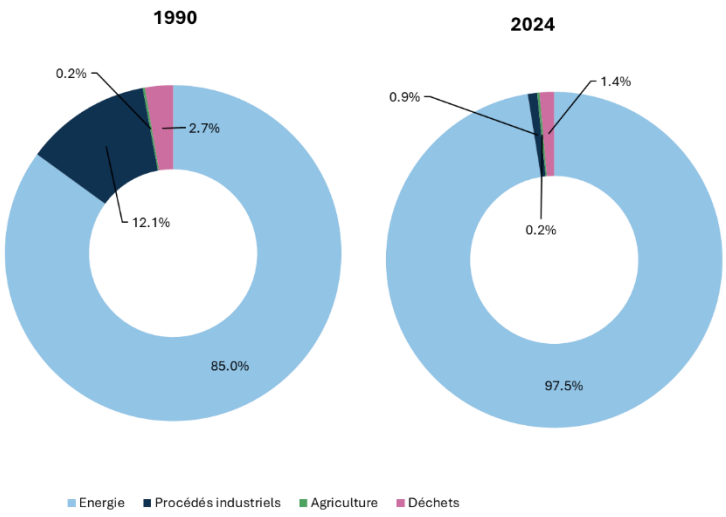


Figure 18 : Evolution et répartition des émissions de As en France hexagonale

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, entrainant une baisse globale de l'activité industrielle. Comme d'autres métaux lourds, la tendance à la baisse est revenue en 2021 après la crise Covid de 2020. Entre 2023 et 2024, les émissions d'Arsenic ont augmenté de 1,8%.

2.4.7 Chrome (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 20 : Emissions de Cr par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	48.8	50.3	41.4	34.8	33.4	31.3	32.3	30.8	29.7	30.4	91%	-38%	2.4%
Procédés industriels	351.2	12.2	6.0	4.5	4.7	3.6	2.7	3.5	2.9	2.8	8%	-99%	-6.5%
Agriculture	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-81%	4.6%
Déchets	2.4	0.9	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1%	-89%	-20.9%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**402.5**	**63.5**	**48.1**	**39.7**	**38.3**	**35.2**	**35.3**	**34.6**	**33.0**	**33.4**	**100%**	**-92%**	**1.4%**

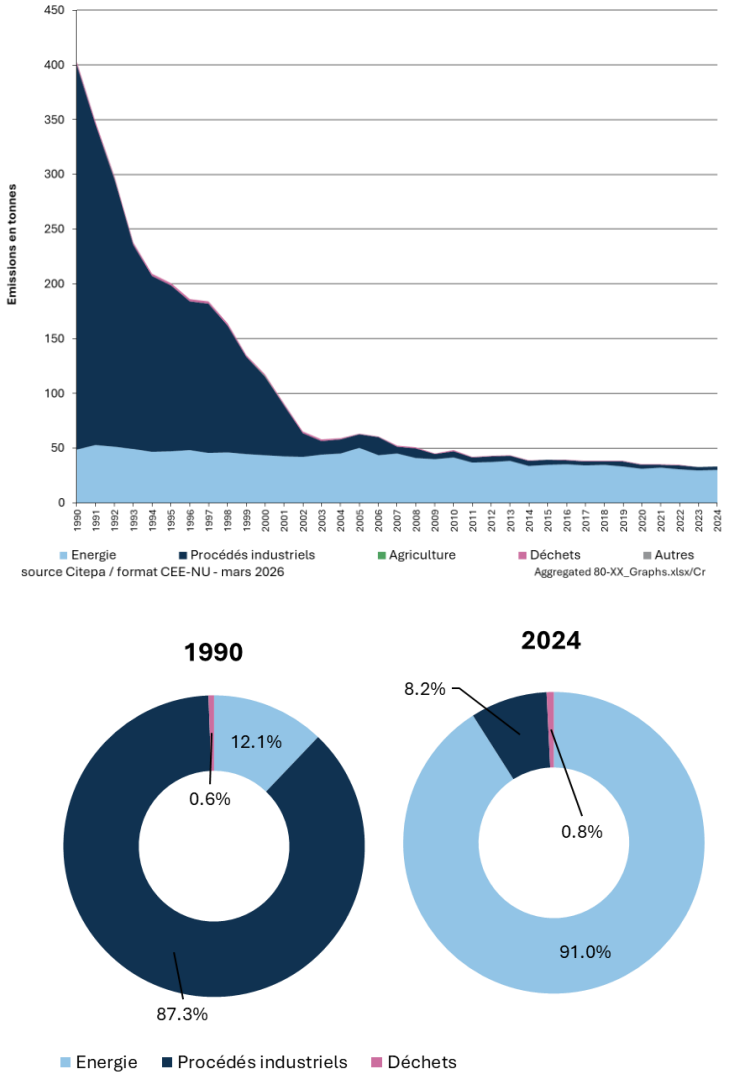


Figure 19 : Evolution et répartition des émissions de Cr en France hexagonale

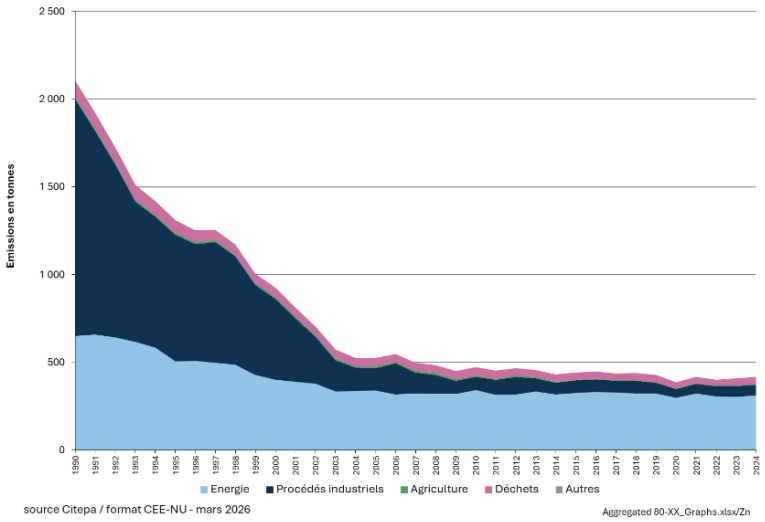
Le chrome a fortement diminué sur la période du fait de l'importante réduction des rejets industriels en particulier dans le domaine de la sidérurgie à la suite de la mise en place de dépoussiéreurs plus efficaces et plus nombreux, et du fait de la forte baisse de l'activité sidérurgique en France depuis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

2.4.8 Zinc (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 21 : Emissions de Zn par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	650	340	342	326	323	297	322	305	304	311	75%	-52%	2%
Procédés industriels	1 351	127	75	70	61	51	57	60	61	63	15%	-95%	3%
Agriculture	11.0	10.2	7.4	5.1	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	1%	-70%	-1%
Déchets	93.7	48.1	47.6	39.6	41.6	36.8	33.9	33.8	39.7	39.8	10%	-58%	0%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**2 106**	**525**	**472**	**441**	**429**	**388**	**416**	**402**	**408**	**417**	**100%**	**-80%**	**2%**



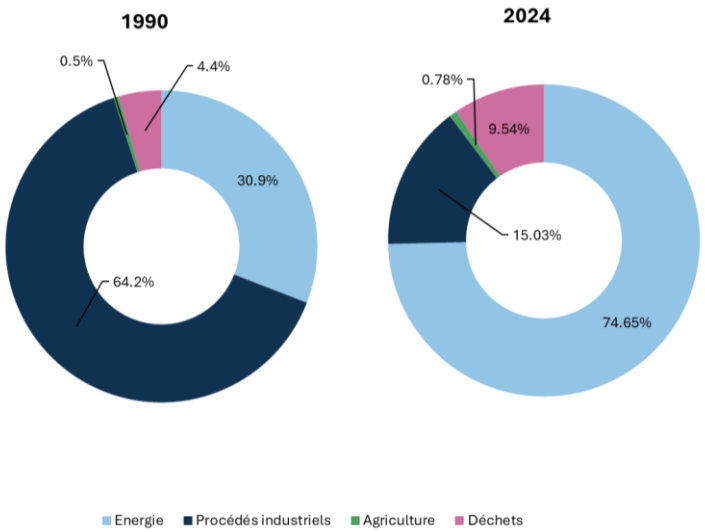


Figure 20 : Evolution et répartition des émissions de Zn en France hexagonale

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.

2.4.9 Sélénium (Se)

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

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

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	12.5	12.1	10.4	9.9	9.4	8.2	9.2	8.9	8.2	8.1	94%	-35%	-1.3%
Procédés industriels	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	5%	22%	1.1%
Agriculture	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.11%	-73%	1.8%
Déchets	0.03	0.01	0.01	0.01	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.05%	-87%	0.1%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**13.0**	**12.6**	**10.9**	**10.4**	**9.9**	**8.7**	**9.7**	**9.4**	**8.7**	**8.6**	**100%**	**-34%**	**-1.2%**

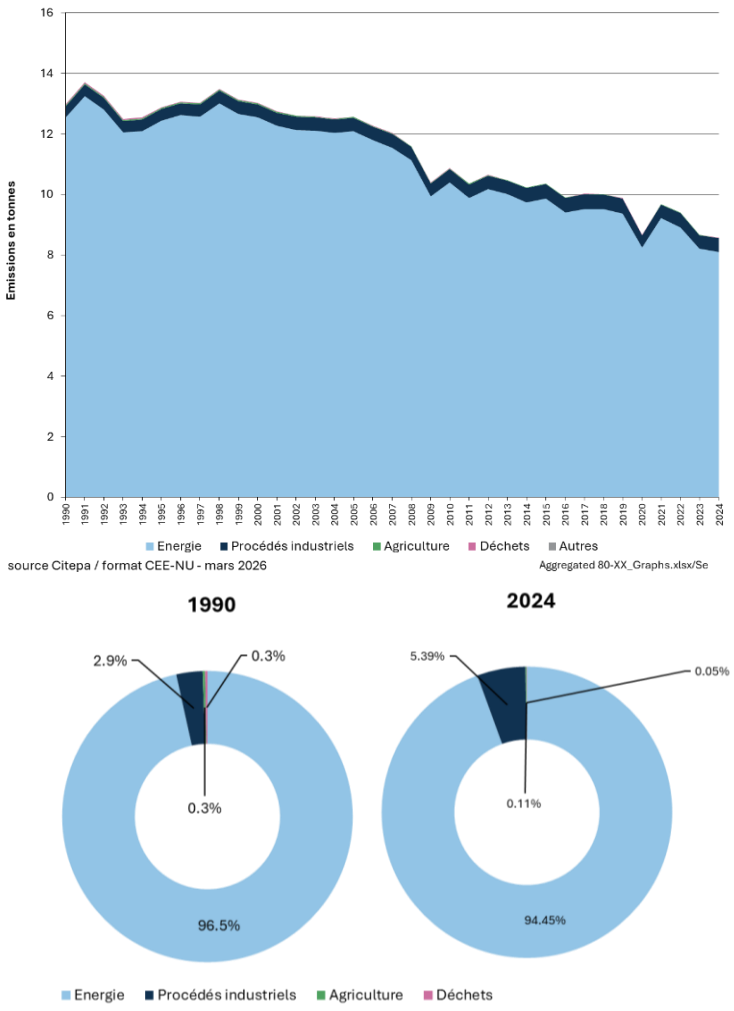


Figure 21 : Evolution et répartition des émissions de Se en France hexagonale

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 entre 2022 et 2024.

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).

2.5 Polluants organiques persistants

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 :

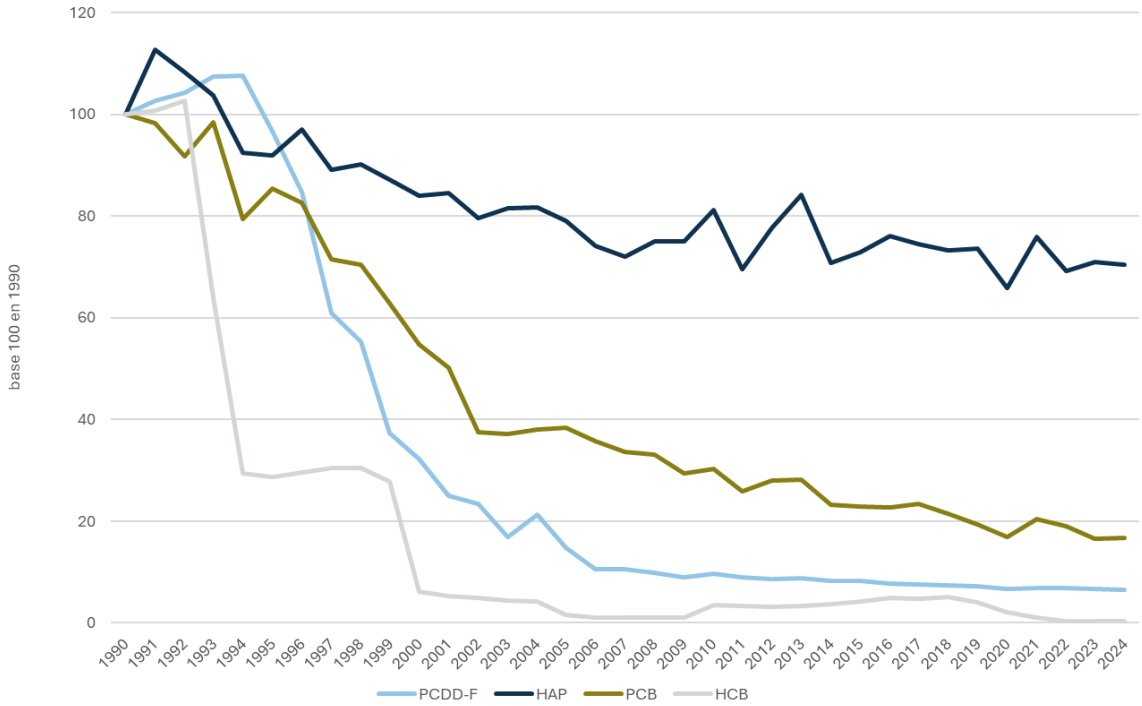


Figure 22 : Evolution des émissions de POP entre 1990 et (base 100 en 1990)

2.5.1 Dioxines et furanes (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 23 : Emissions de PCDD-F en France hexagonale (g I-Teq)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	1 257.8	178.4	103.7	83.1	63.3	54.4	59.3	56.6	54.5	50.9	44%	-96%	-7%
Procédés industriels	30.5	14.9	5.7	2.9	2.5	2.6	3.3	3.9	2.4	2.7	2%	-91%	15%
Agriculture	6.2	5.7	4.2	2.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	2%	-71%	-0.7%
Déchets	507.3	66.6	61.6	60.8	61.2	60.3	60.0	60.7	60.9	60.9	52%	-88%	-0.1%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**1 801.8**	**265.7**	**175.2**	**149.6**	**128.8**	**119.1**	**124.4**	**123.0**	**119.6**	**116.3**	**100%**	**-94%**	**-3%**

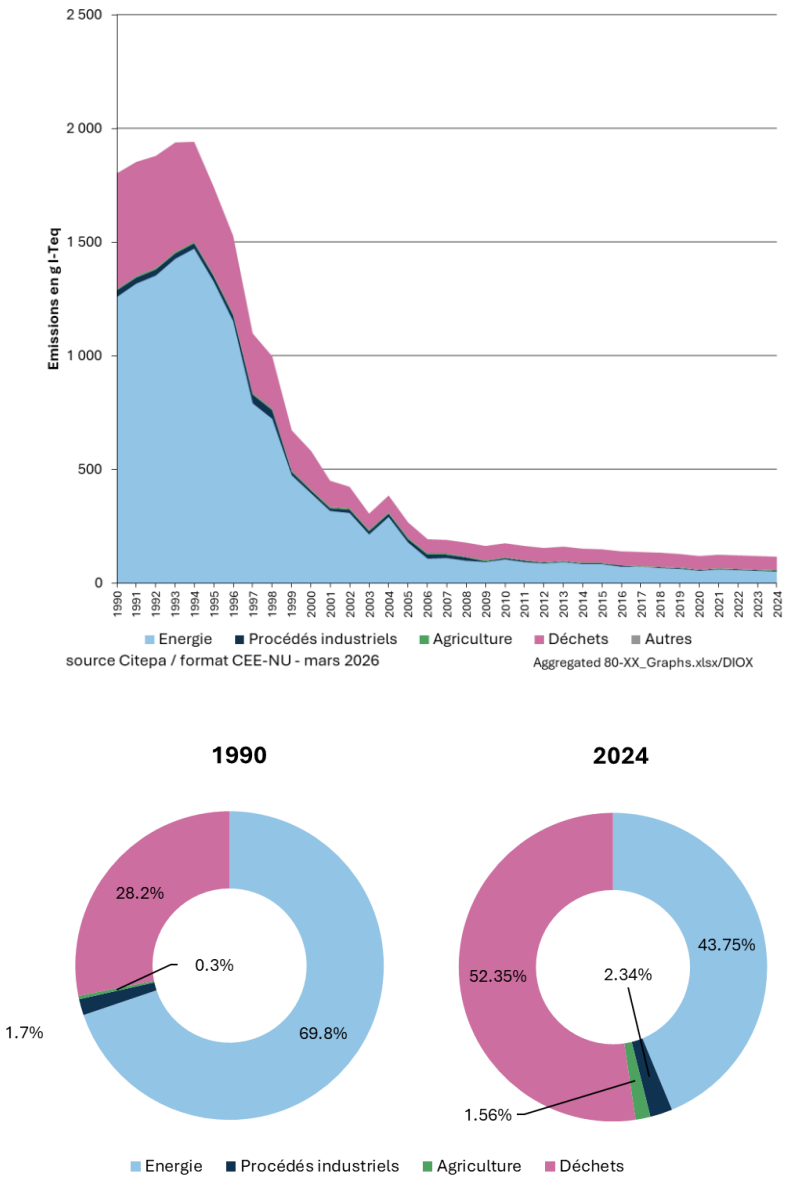


Figure 23 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F en France hexagonale

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.

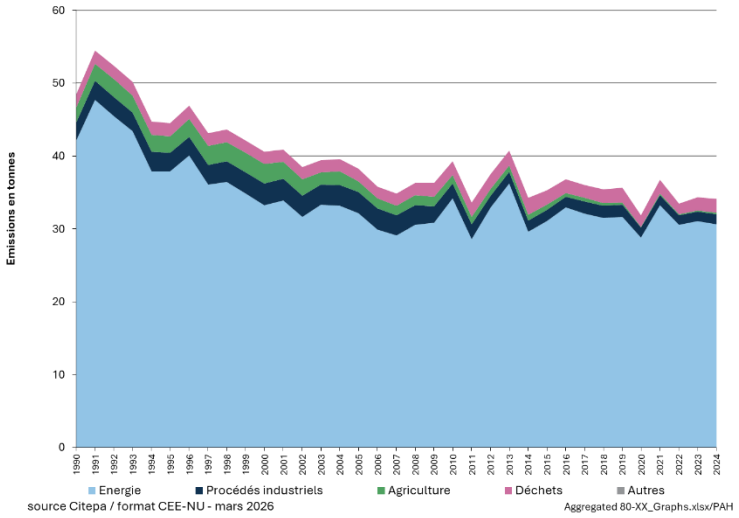
Le pic observé en 2004 est lié au dysfonctionnement d'un incinérateur de déchets non dangereux.

2.5.2 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Le principal secteur émetteur de HAP en 2023 est le secteur résidentiel/tertiaire (1A4), principalement du fait de la combustion de biomasse.

Tableau 24 : Emissions de HAP par secteur NFR (t)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	42.0	32.2	34.2	31.1	31.7	28.8	33.2	30.5	31.0	30.7	90%	-27%	-1.2%
Procédés industriels	2.48	2.88	2.00	1.56	1.68	1.37	1.43	1.31	1.36	1.38	4%	-44%	1.9%
Agriculture	2.0	1.5	1.1	0.7	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0%	-92%	5.1%
Déchets	1.8	1.7	1.9	1.9	2.0	1.6	1.9	1.5	1.8	1.9	6%	5%	4.9%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**48.4**	**38.2**	**39.3**	**35.3**	**35.6**	**31.9**	**36.7**	**33.4**	**34.3**	**34.1**	**100%**	**-29%**	**-0.7%**



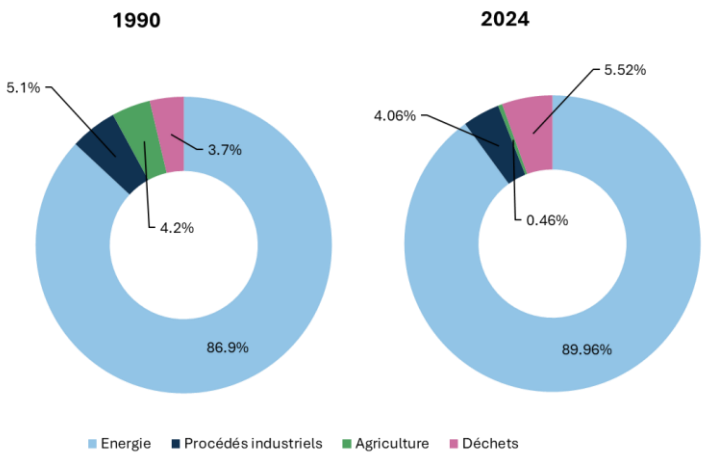


Figure 24 : Evolution et répartition des émissions de HAP en France hexagonale

La diminution des rejets de HAP entre 1990 et 2024 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.

2.5.3 Polychlorobiphényles (PCB)

Les principaux secteurs contributeurs en 2024 sont l'industrie de l'énergie et l'industrie manufacturière.

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

Tableau 25 : Emissions de PCB par secteur NFR (kg)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	64.9	44.6	38.6	27.5	22.4	20.2	24.3	22.2	19.6	19.3	64%	-70%	-2%
Procédés industriels	13.6	18.3	14.3	12.8	11.1	9.3	11.5	10.0	9.0	9.9	33%	-28%	10%
Agriculture	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Déchets	99.8	5.5	1.1	0.7	0.9	0.5	0.5	1.8	0.8	0.8	3%	-99%	-7%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**178.3**	**68.3**	**54.1**	**40.9**	**34.4**	**30.0**	**36.3**	**34.0**	**29.4**	**29.9**	**100%**	**-83%**	**2%**

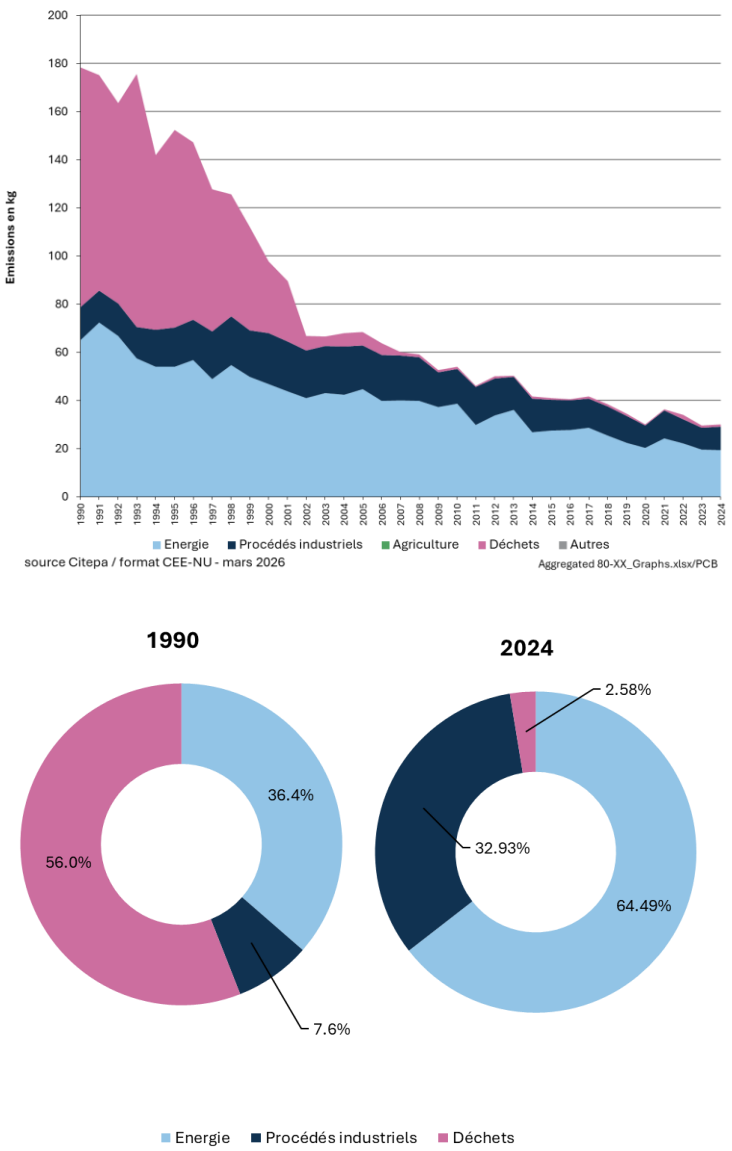


Figure 25 : Evolution et répartition des émissions de PCB en France hexagonale

La baisse des émissions de PCB entre 1990 et 2024 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.

2.5.4 Hexachlorobenzène (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 2024, les secteurs majeurs contributeurs sont le secteur énergétique (NFR1) responsables de 68% des émissions et les déchets, qui représentent 22% des émissions. L'agriculture (NFR 3), n'est plus une source importante de HCB en 2024 et ne représente plus que 6 % du HCB émis.

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

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	1 140.2	4.1	4.4	4.3	4.4	4.2	4.4	4.3	4.3	4.4	68%	-100%	1.7%
Procédés industriels	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	3%	-50%	5.2%
Agriculture	442.8	12.6	51.1	63.4	59.5	26.8	10.4	0.4	0.4	0.4	6%	-100%	-9.4%
Déchets	55.7	7.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.2	1.9	1.4	1.4	22%	-97%	0.3%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**1 639.1**	**24.5**	**58.2**	**70.4**	**66.6**	**33.8**	**17.3**	**6.9**	**6.4**	**6.4**	**100%**	**-100%**	**0.7%**

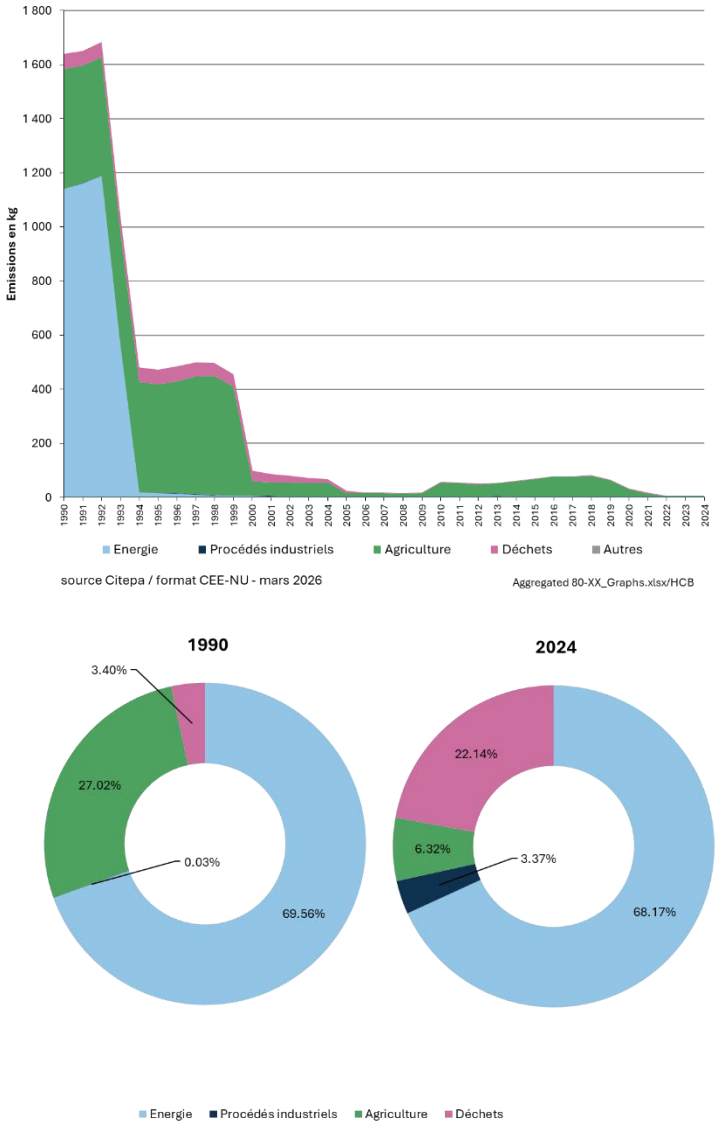


Figure 26 : Evolution et répartition des émissions de HCB en France hexagonale

Les émissions de HCB ont diminué de 100% entre 1990 et 2024. 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 1990-2024. 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 2024 des émissions de HCB en provenance de cette substance.

2.6 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_{10} et $PM_{2,5}$**). Le carbone suie, ou Black Carbon (**BC**) s'ajoute à cette liste : il fait partie des $PM_{2,5}$ et est émis lors des phénomènes de combustion incomplètes de combustibles fossiles ou de la biomasse.

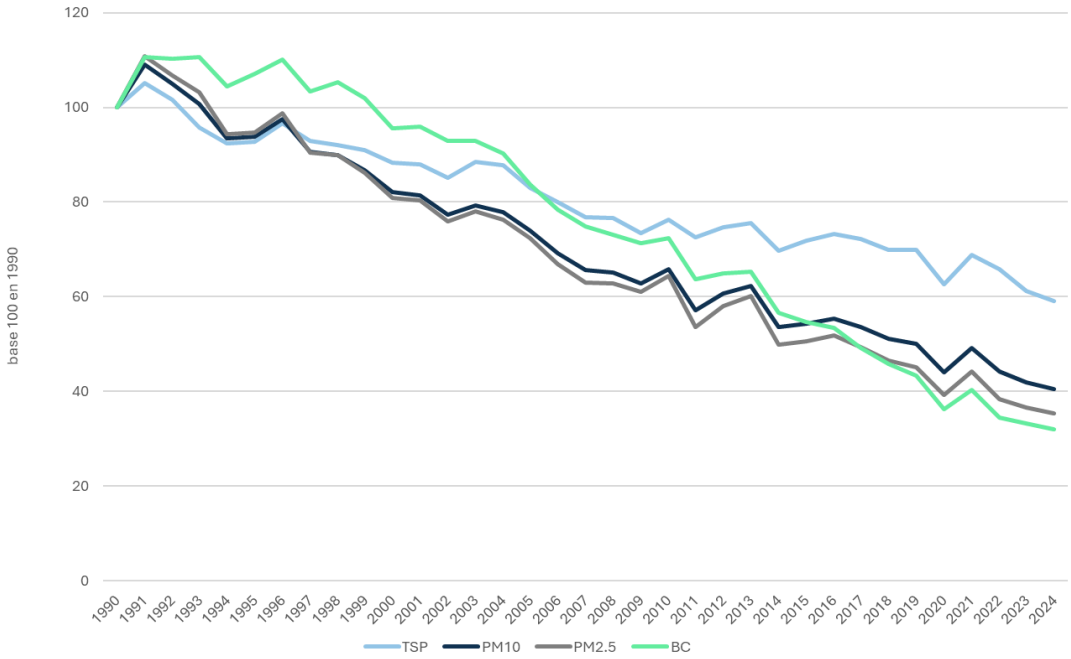


Figure 27 : Evolution des émissions de particules entre 1990 et 2024 (base 100 en 1990)

2.6.1 Particules totales en suspension (TSP)

En 2024, 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 27 : Emissions de TSP par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	489	348	306	237	209	182	206	179	169	163	25%	-67%	-3%
Procédés industri	290	234	182	168	185	159	183	185	152	143	22%	-51%	-6%
Agriculture	325	333	350	385	373	348	368	360	350	341	51%	5%	-3%
Déchets	17	17	18	17	17	14	16	13	16	16	2%	-8%	3%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**1 122**	**932**	**856**	**806**	**784**	**703**	**772**	**738**	**686**	**663**	**100%**	**-41%**	**-3%**

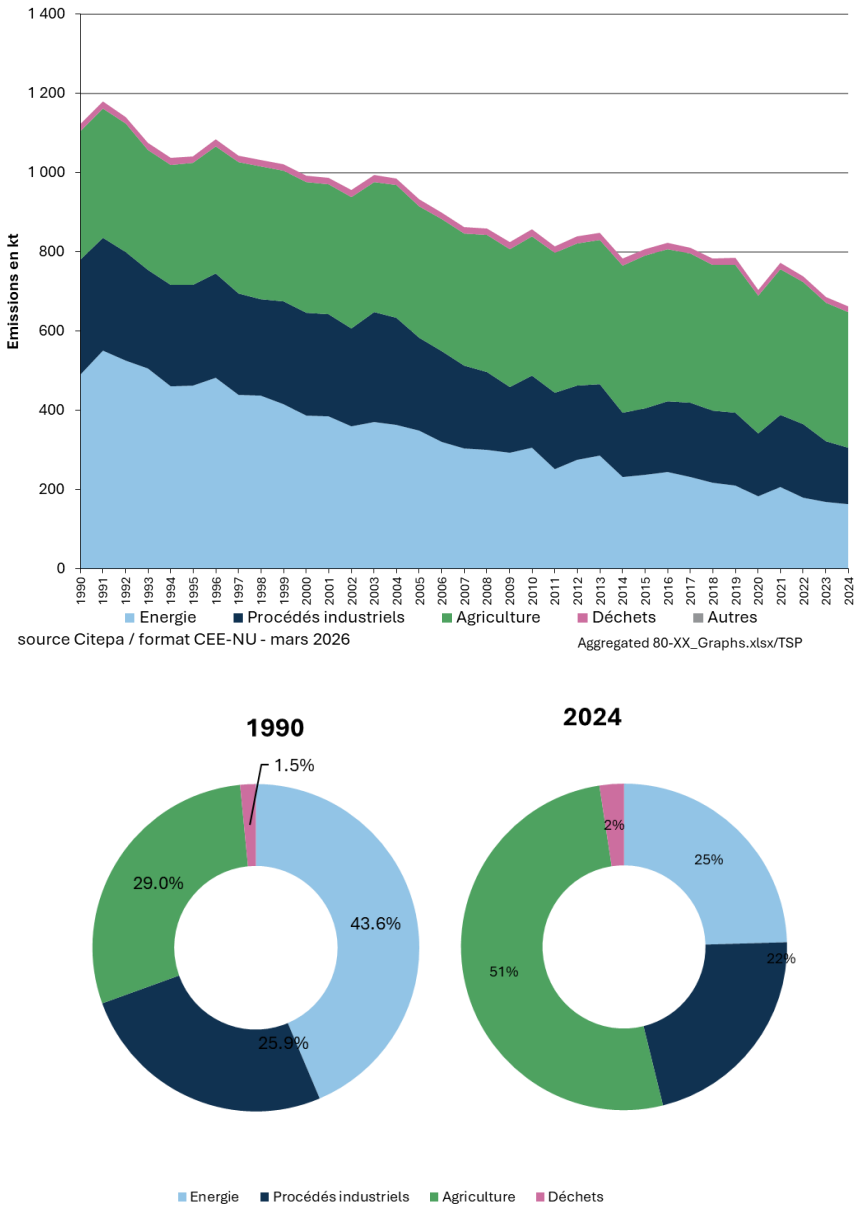


Figure 28 : Evolution et répartition des émissions de TSP en France hexagonale

La baisse des émissions de TSP entre 1990 et 2024 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 1990-2024).

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 2024, les émissions de TSP continuent de diminuer par rapport à 2023 (-3%), confirmant la tendance à la baisse observée depuis le début des années 90.

2.6.2 PM_{10} et $PM_{2.5}$

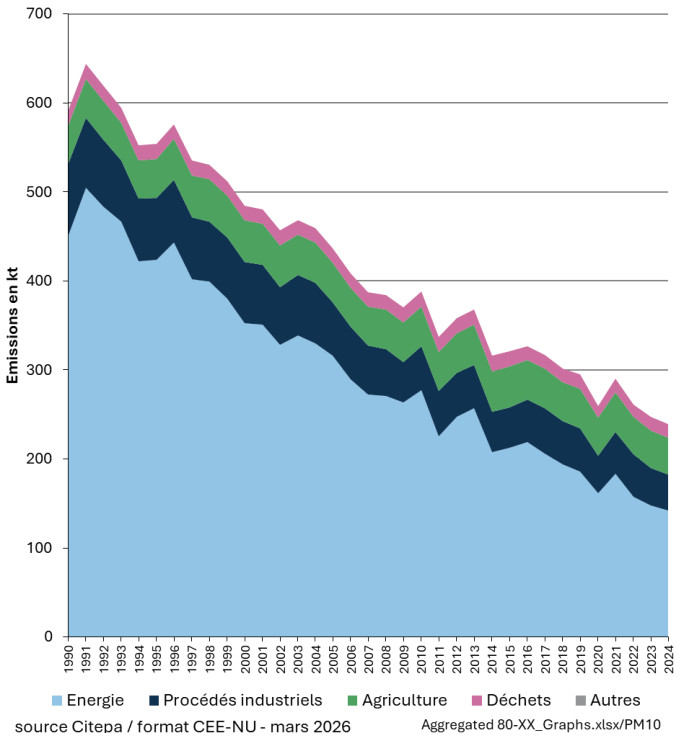
Les émissions de **PM_{10}** et **$PM_{2,5}$** ont diminué entre 1990 et 2024, respectivement de 60% et 65%. Ces évolutions s'expliquent globalement par les mêmes raisons que pour les TSP.

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 28 : Emissions de PM_{10} par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	449	316	277	212	186	162	183	158	148	142	59%	-68%	-4.0%
Procédés industriels	81	60	49	46	49	42	47	47	42	40	17%	-51%	-3.5%
Agriculture	43	44	44	46	45	42	44	43	42	41	17%	-4%	-2.4%
Déchets	17	16	17	16	16	14	16	13	15	16	7%	-6%	2.6%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**590**	**436**	**388**	**321**	**295**	**260**	**290**	**261**	**247**	**239**	**100%**	**-60%**	**-3.2%**



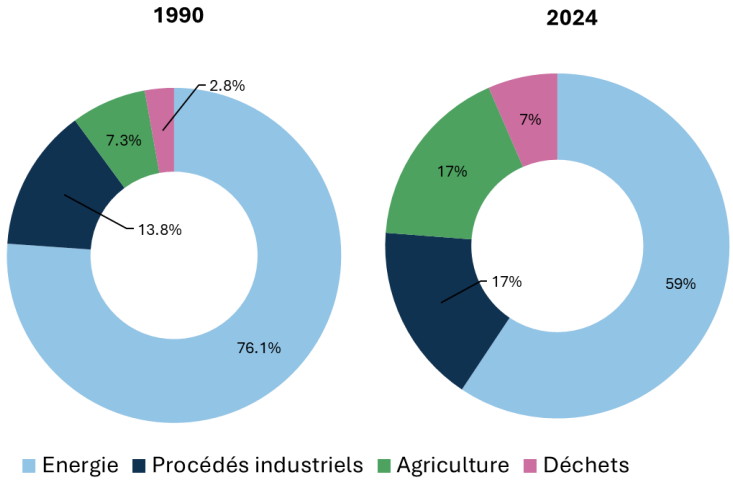


Figure 29 : Evolution et répartition des émissions de PM_{10} en France hexagonale

Tableau 29 : Emissions de $PM_{2,5}$ par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	414	292	258	196	170	148	168	143	134	128	77%	-69%	-4.3%
Procédés industriels	31	24	20	19	19	17	19	18	17	17	10%	-47%	-2.1%
Agriculture	12	11	10	9	8	7	7	7	7	7	4%	-40%	-1.4%
Déchets	16	16	17	16	16	13	15	13	15	15	9%	-3%	2.5%
Autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	-	-
Total national	**473**	**343**	**305**	**239**	**213**	**186**	**209**	**182**	**173**	**168**	**100%**	**-65%**	**-3.4%**

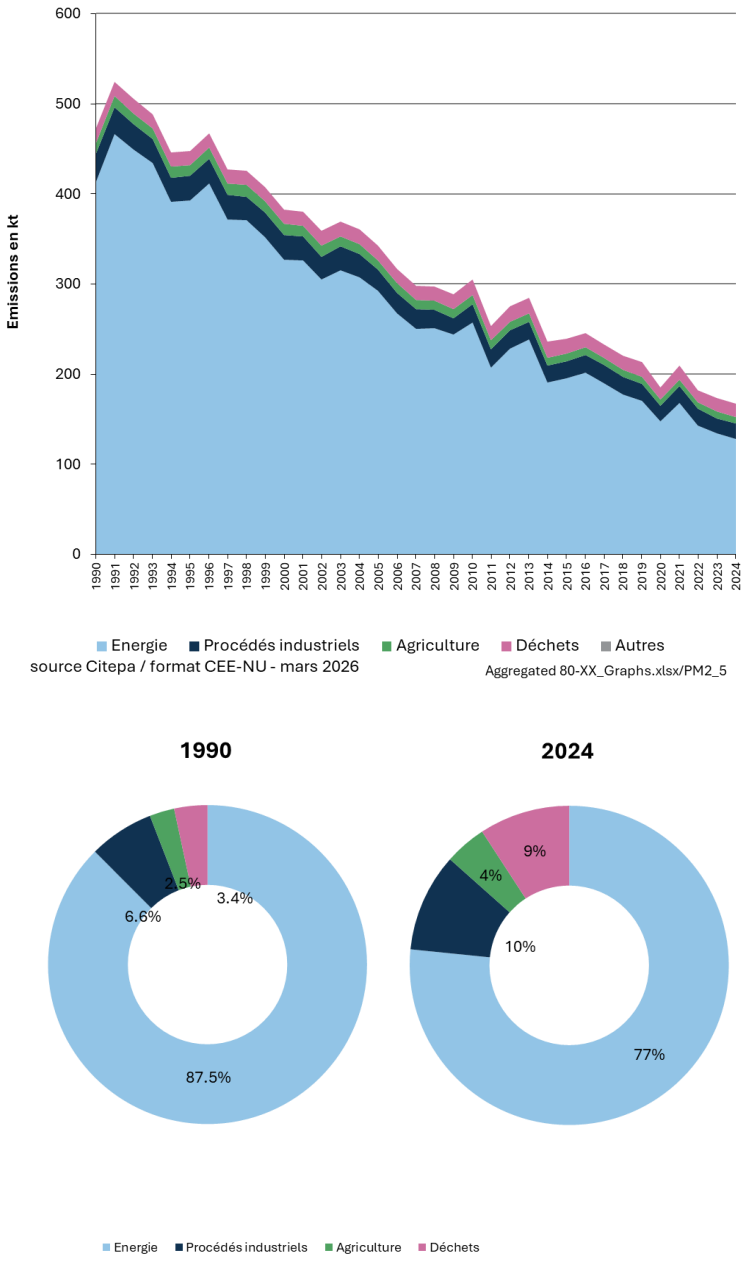


Figure 30 : Evolution et répartition des émissions de $PM_{2.5}$ en France hexagonale

2.6.3 Black Carbon (BC)

Les émissions de **black carbon (BC)** ont diminué de 68% entre 1990 et 2024 : 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 30 : Emissions de BC par secteur NFR (kt)

Secteur NFR	1990	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Part en 2024	Evolution 2024/1990	Evolution 2024/2023
Energie	76.1	62.8	53.6	39.6	30.6	25.8	28.5	24.7	23.0	21.9	85%	-71%	-4.8%
Procédés industriel	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0%	-65%	-0.4%
Agriculture	1.9	1.7	1.3	0.9	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2%	-73%	-0.3%
Déchets	2.5	2.8	3.4	3.5	3.6	2.8	3.5	2.6	3.2	3.4	13%	35%	5.3%
Autres	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0%	-	-
Total national	**80.6**	**67.4**	**58.3**	**44.0**	**34.9**	**29.2**	**32.5**	**27.8**	**26.7**	**25.8**	100%	-68%	-3.5%

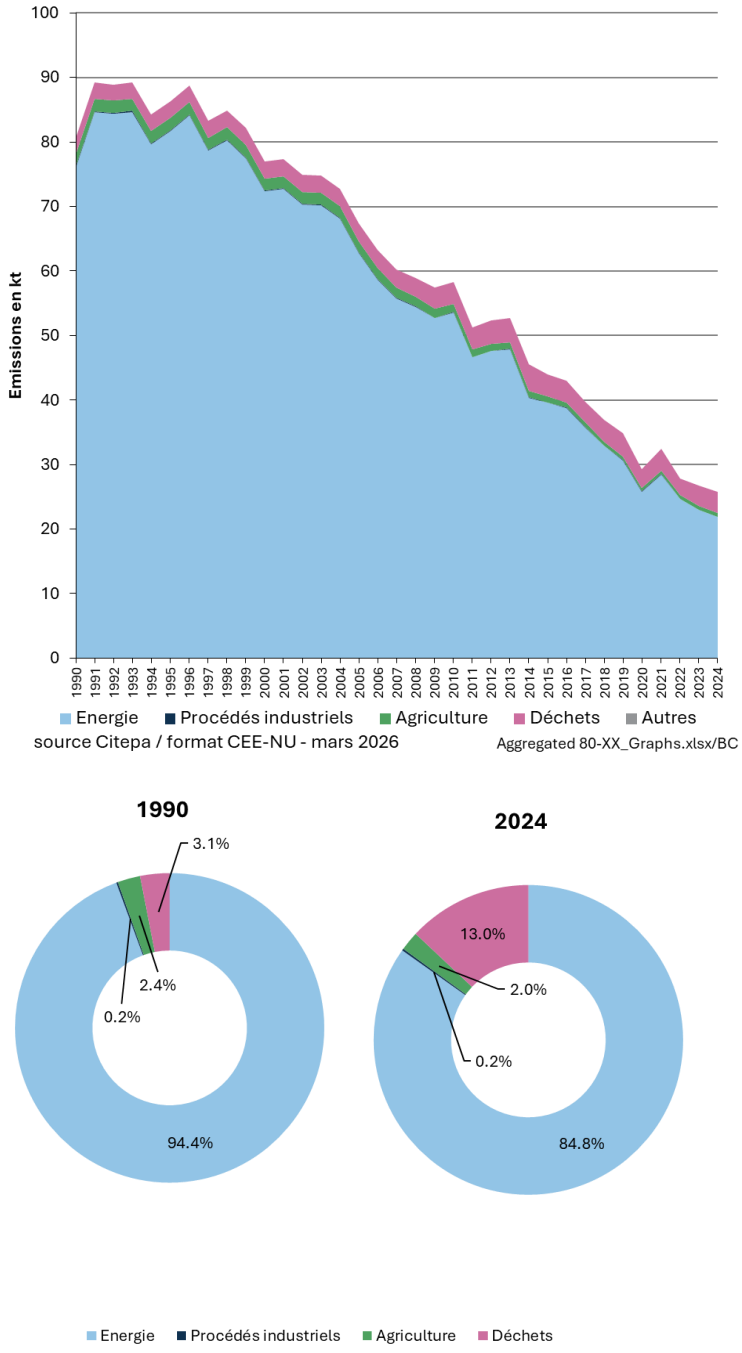


Figure 31 : Evolution et répartition des émissions de BC en France hexagonale

La baisse des émissions de BC entre 1990 et 2024 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)

3.1 Contexte

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 NID). 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 31 : Correspondance des secteurs bilan de l'énergie français / NFR

Secteur bilan énergie SDES	Secteur NFR
Consommation de la branche transformation	
Centrales d'électricité / de cogénération / calogènes (activité principale et autoproduction)	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)
Hauts-fourneaux	1A2a, 1B1b, 2C (distinction entre les usages énergétiques et non énergétiques de CMS par bilan matière)
Autres transformations	1A1c
Consommation finale d'énergie	
Sidérurgie	1A2a, 1B1b, 2C (distinction entre les usages énergétiques et non énergétiques de CMS par bilan matière)
Industrie (chimique, métaux non ferreux, produits minéraux, agroalimentaire, papier, construction, etc.)	1A2 hors 1A2a
Transports (hors soutes maritimes internationales)	1A3, 1A4b (pour les EMNR essence et diesel routier uniquement)
Commerce et services publics Résidentiel	1A4a, 1A4b
Agriculture/Sylviculture Pêche	1A4c
Non-spécifié (dont militaire)	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 MTE. Ainsi, les données utilisées pour estimer les émissions liées aux consommations énergétiques sont bien cohérentes avec celles publiées par Eurostat.

3.2 Tendances générales sur l'énergie

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des émissions pour 2024 pour les différents polluants ainsi que leur contribution par rapport aux émissions totales de la même année.

Le détail des émissions par polluant est présenté après.

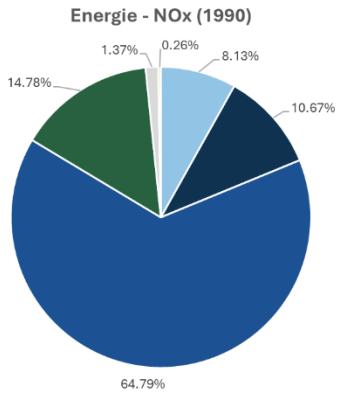
Tableau 32 : Emissions du secteur énergie en France (Hexagone) en 2024

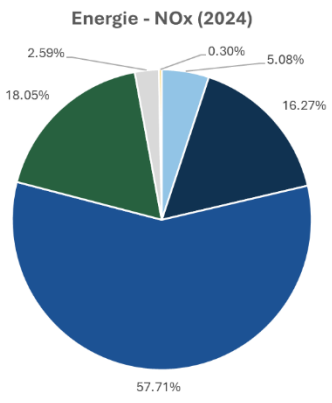
Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /recap_energie

Substances	Unités	Emissions (*) 2024	Contributions au total national (%) en 2024
SO_2	Gg	61	86%
NOx	Gg	502	77%
NH_3	Gg	8.7	1.5%
COVNM	Gg	261	25%
CO	Gg	1 855	83%
As	Mg	5.8	97%
Cd	Mg	2.2	73%
Cr	Mg	30	91%
Cu	Mg	237	76%
Hg	Mg	1.4	76%
Ni	Mg	15	77%
Pb	Mg	84	93%
Se	Mg	8.1	94%
Zn	Mg	311	75%
PCDD/F	g iTEQ	51	44%
HAP	Mg	31	90%
PCB	kg	19	64%
HCB	kg	4.4	68%
TSP	Gg	163	25%
PM_{10}	Gg	142	59%
$PM_{2,5}$	Gg	128	77%
BC	Gg	22	85%

(*) 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*

3.2.1 Emissions de NOx





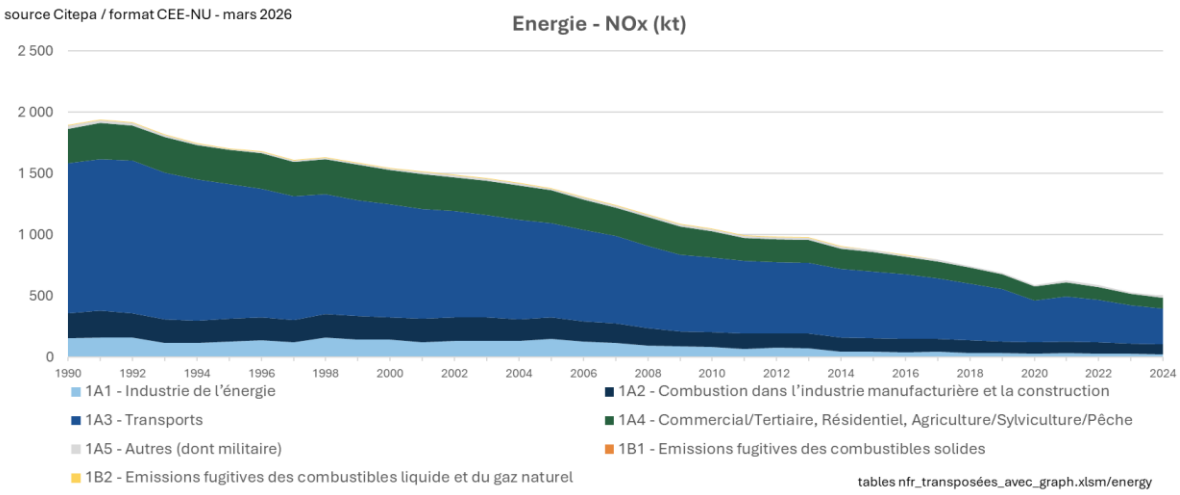


Figure 32 : Evolution et répartition des émissions de NOx du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, le principal secteur émetteur de NO_x est celui des transports (secteur NFR 1A3) totalisant 65 % des émissions du secteur Energie en 1990 contre 58 % en 2024. Les émissions qui y sont associées sont en baisse depuis 1992 (-77 % en 2024 par rapport à 1992), 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_X 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_X 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 NFR 1A4, si la tendance générale des émissions de NOx est à la baisse depuis plusieurs années, certaines années sont marquées par une augmentation des

émissions. De façon plus générale, sa contribution à l'ensemble des émissions d'oxydes d'azote du secteur énergie a légèrement augmenté entre 1990 (15 %) et 2024 (18 %) malgré une diminution des émissions du secteur 1A4 (-68 % en 2024 par rapport à 1990). Les pics observés s'expliquent notamment par un indice de rigueur climatique plus élevé (consommation accrue), 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 NOx liée à des émissions fugitives (secteurs NFR 1B) reste marginale sur l'ensemble de la période considérée (moins de 0,5 % des émissions du secteur Energie sur toute la période considérée).

Enfin, la crise sanitaire et le confinement ont fortement affecté l'évolution des émissions de NO_X du secteur NFR Energie qui ont baissé de 14 % entre 2019 et 2020 pour ré-augmenter de 6 % entre 2020 et 2021. La baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -6% en 2022, puis -10 % en 2023 et enfin -5 % en 2024.

3.2.2 Emissions de COVNM

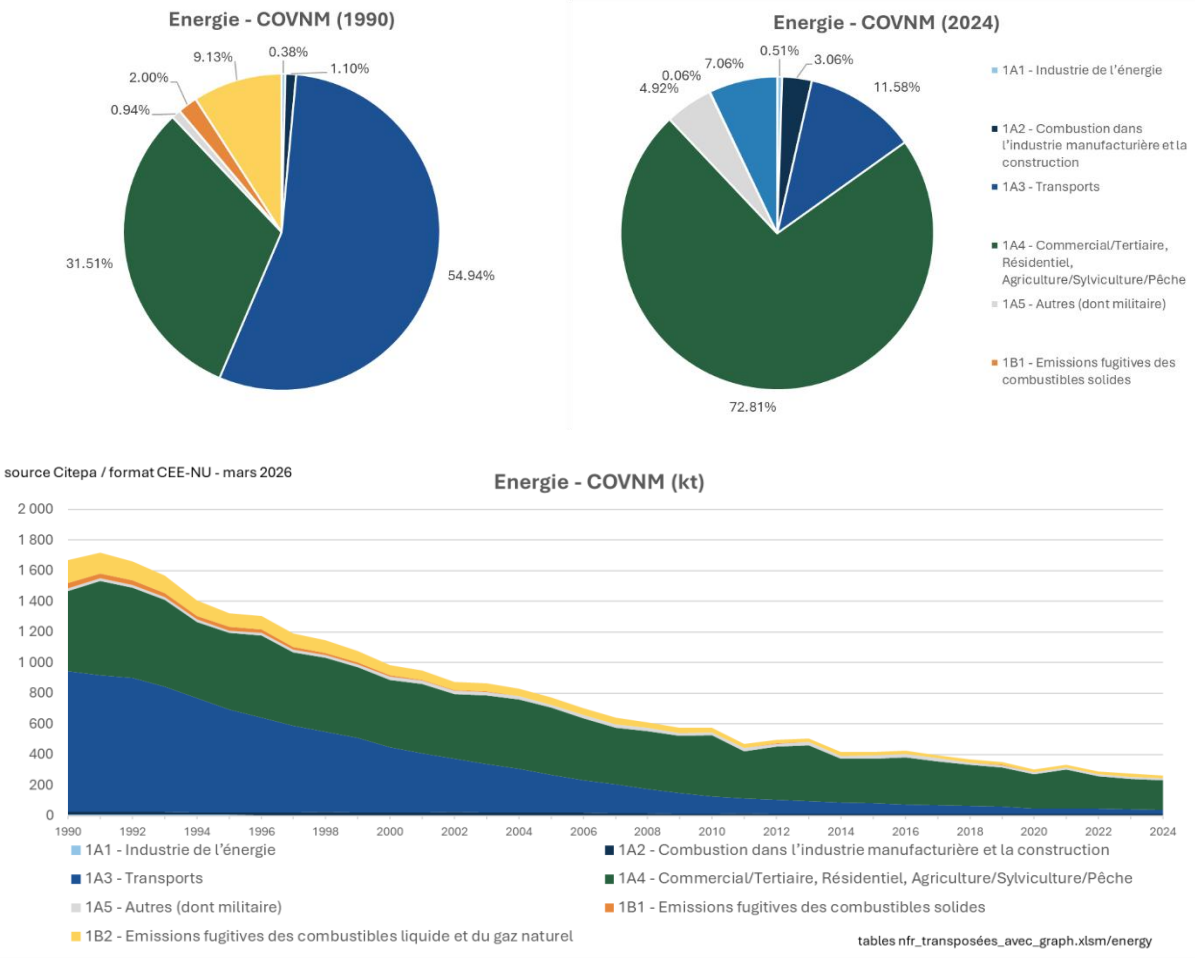


Figure 33 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur énergie (kt)

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 86 % (en 1990) à 84 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1. Au sein du secteur NFR 1A4, la combustion du bois dans les petits équipements domestiques joue un rôle désormais prépondérant.

Globalement, la baisse des émissions de COVNM, de 84%, constatée entre 1990 et 2024 pour le secteur NFR 1 s'explique par une réduction dans chacun des secteurs d'activité détaillés ci-dessous :

- NFR 1A3 Transports (-97 % entre 1990 et 2024) : 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 24 % entre 2019 et 2020.
- NFR 1A4 Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche (-64 % entre 1990 et 2024) : 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 sévérisées au cours du temps.
- NFR 1A2 Industrie manufacturière (-56 % entre 1990 et 2024) : d'importants progrès ont été réalisés en particulier au niveau des EMNR dans le secteur du BTP, avec le développement de normes.
- NFR 1B (-90 % entre 1990 et 2024) : 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 14 % entre 2019 et 2020 puis ré-augmenté de 10 % l'année suivante. La baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -14% en 2022 puis -4% en 2023 et enfin -5 % en 2024.

3.2.3 Emissions de SO_x

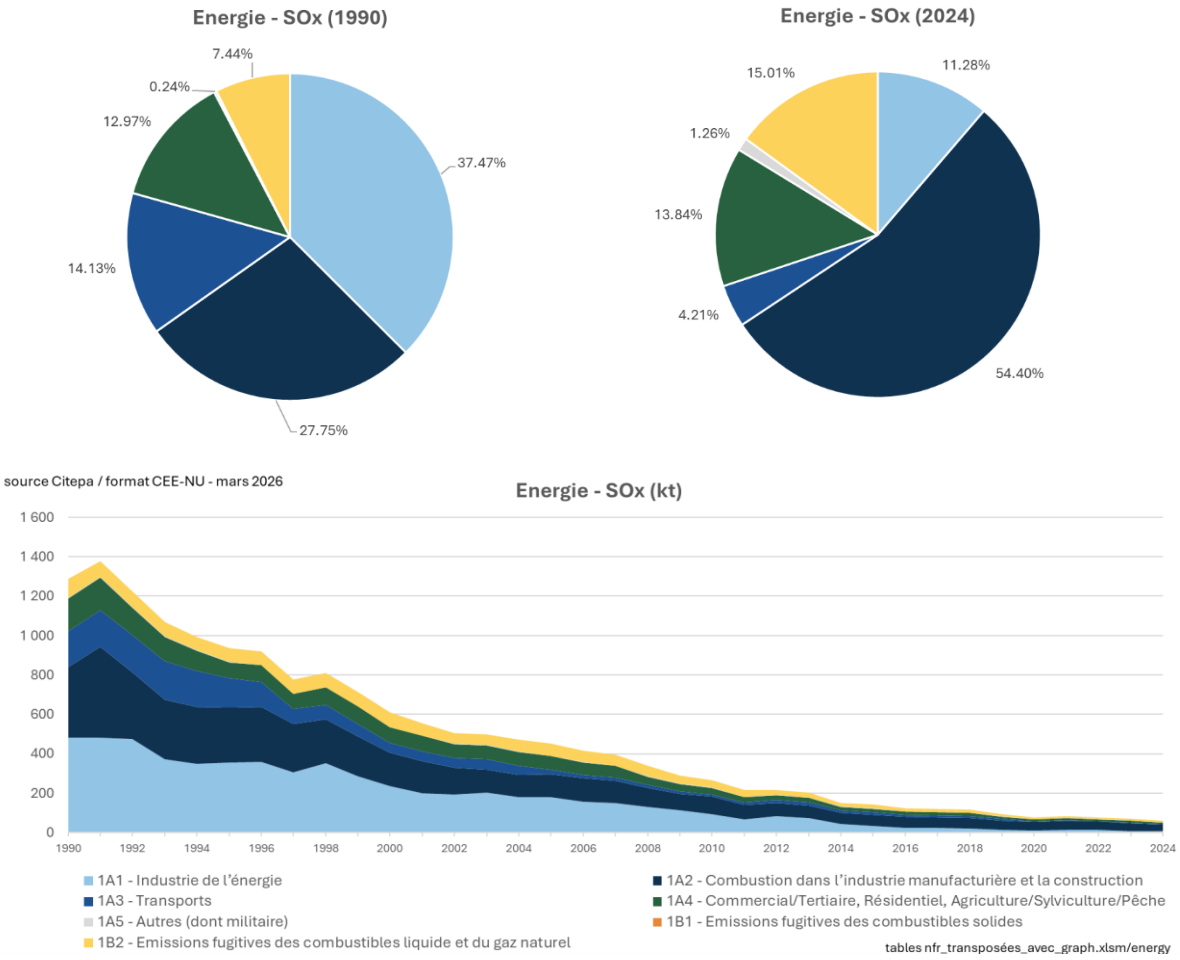


Figure 34 : Evolution et répartition des émissions de SOX du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de SO_x sont les secteurs NFR 1A1 (Industrie de l'énergie), 1A2 (Industrie manufacturière), 1A3 (Transports) et 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) qui couvrent de 92 % (en 1990) à 84 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1.

Depuis 1990, la baisse des émissions de SO_x de 95 % 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

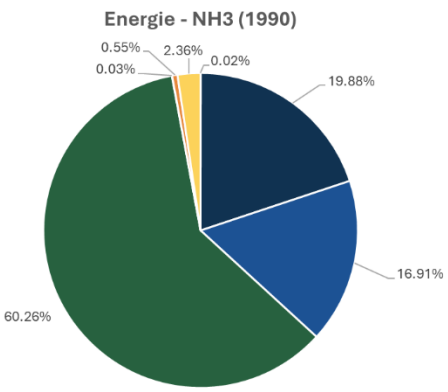
épiphénomènes liés à la conjoncture climatique, du fait d'années plus froides (par exemple : forte vague de froid ayant nécessité de recourir davantage aux énergies fossiles en 1998) et/ou à la conjoncture technique (par exemple : moindre disponibilité du nucléaire en 1991). A l'inverse, une douceur 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.

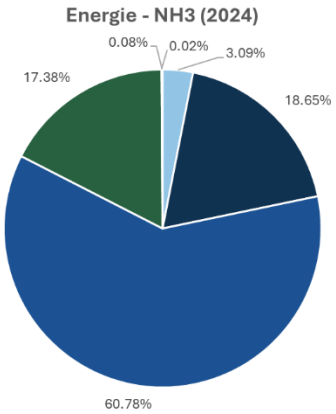
Dans l'agriculture/sylviculture, les émissions de SO_X proviennent de la combustion dans les engins mobiles. La baisse observée depuis 2011 s'explique par l'obligation de consommer du gazole non routier moins soufré en remplacement du fioul domestique.

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).

L'impact de la crise sanitaire et du confinement est visible sur l'évolution des émissions de SO_2 du secteur NFR Energie qui ont baissé de 18 % entre 2019 et 2020 puis ré-augmenté de 8 % l'année suivante. La baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -8% en 2022, puis -9% en 2023 et enfin-12 % en 2024.

3.2.4 Emissions de NH_3





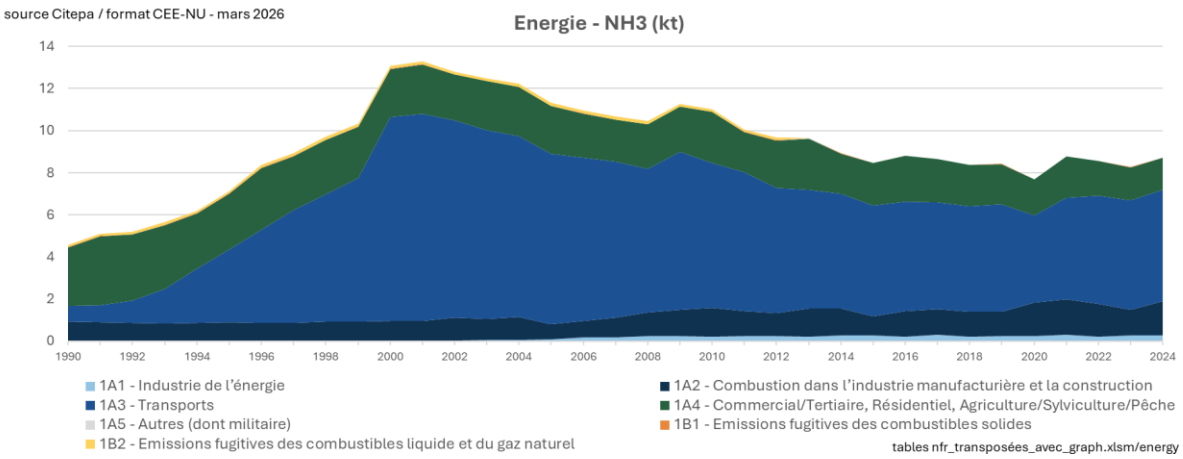
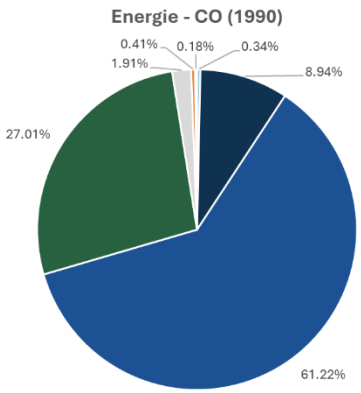


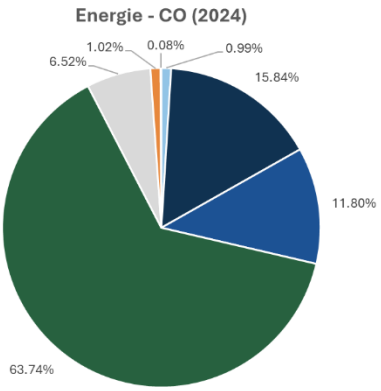
Figure 35 : Evolution et répartition des émissions de NH_3 du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, le principal sous-secteur de l'énergie émetteur de NH_3 est le secteur NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) qui couvre de 60 % (en 1990) mais plus que 17 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1. Sur la même période, le secteur NFR 1A3 (Transports), représentant 17% du NFR 1 en 1990 voit ses émissions augmenter pour atteindre 61 % du total du secteur Energie en 2024. Cela reste faible en regard de la contribution prépondérante du secteur NFR 3 (Agriculture) au total national (554 kt de NH_3 en NFR 3 en 2024).

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_3. 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 et la chute associée du trafic (-9 % par rapport à 2019). En 2021, les émissions repartent à la hausse (+14 %) puis restent stables les années suivantes.

3.2.5 Emissions de CO





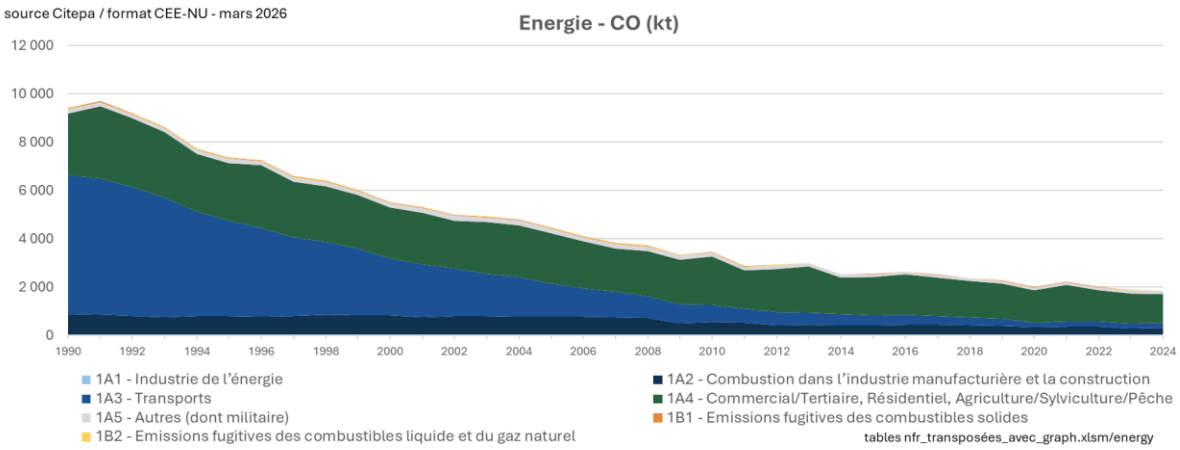


Figure 36 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur énergie (kt)

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 2024) des émissions du secteur NFR 1, dominés par le NFR 1A4 avec 64% en 2024.

La baisse de 80 % des émissions de monoxyde de carbone (CO) observable entre 1990 et 2024 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 12 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimes ou de stagnations. En 2021, elles ont connu un rebond de 11 % par rapport à 2020, puis la baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -9 % en 2022, -7 % en 2023 et -2 % en 2024.

3.2.6 Emissions de $PM_{2.5}$

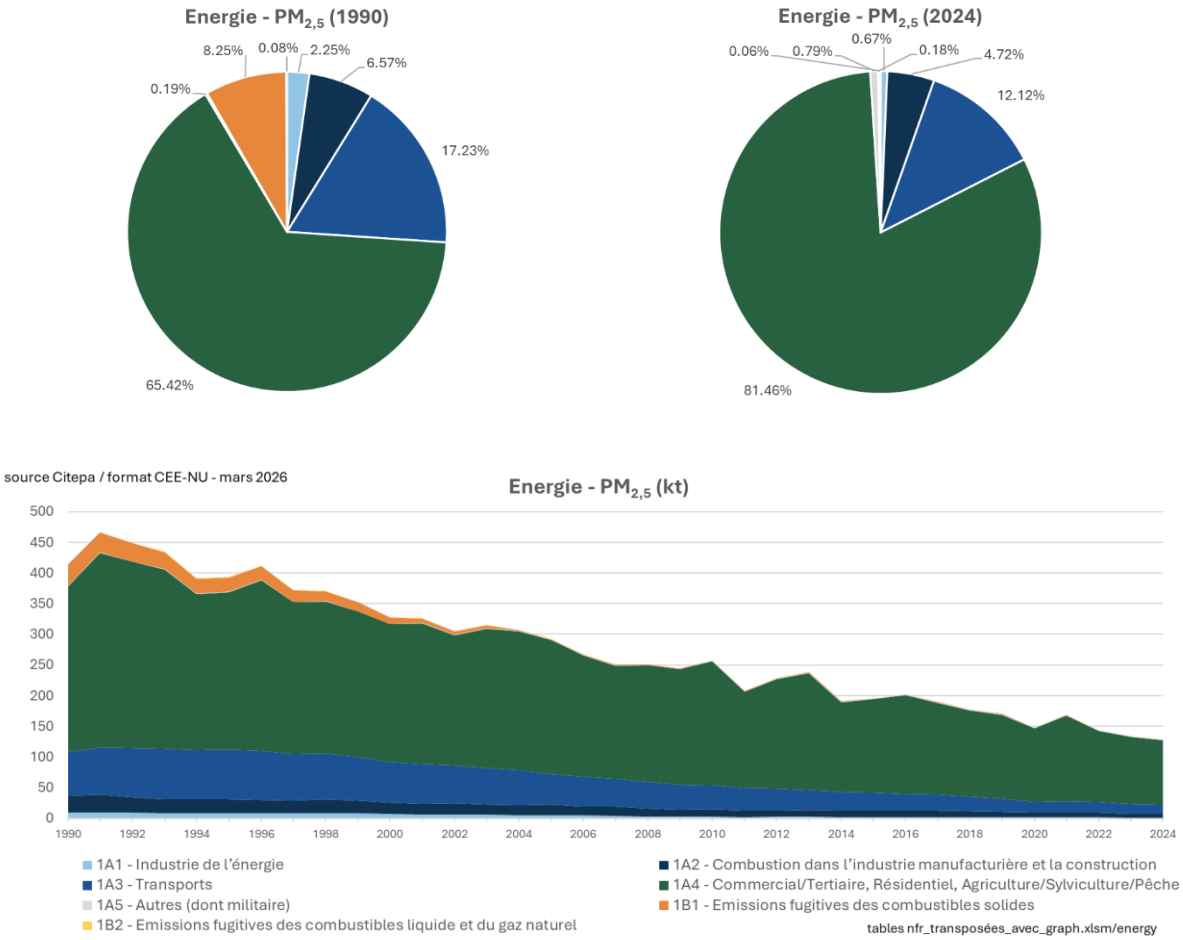


Figure 37 : Evolution et répartition des émissions de $PM_{2,5}$ du secteur énergie (kt)

Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de $PM_{2,5}$ sont les secteurs NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) et 1A3 (Transports) qui couvrent de 83 % (en 1990) à 94 % (en 2024) 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 $PM_{2,5}$ observable entre 1990 et 2024 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A4 doit la baisse de ses émissions de $PM_{2,5}$ 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), qui était responsable de plus de 8% des émissions du NFR 1 en 1990, 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 $PM_{2,5}$ du secteur NFR Energie qui ont baissé de 13 % entre 2019 et 2020, après plusieurs années consécutives de baisses minimes ou de stagnations. En 2021, elles ont subi un rebond de 14 %, comparé au niveau de 2020, puis la baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -15 % en 2022, -6 % en 2023 et -4 % en 2024.

3.2.7 Emissions de PM_{10}

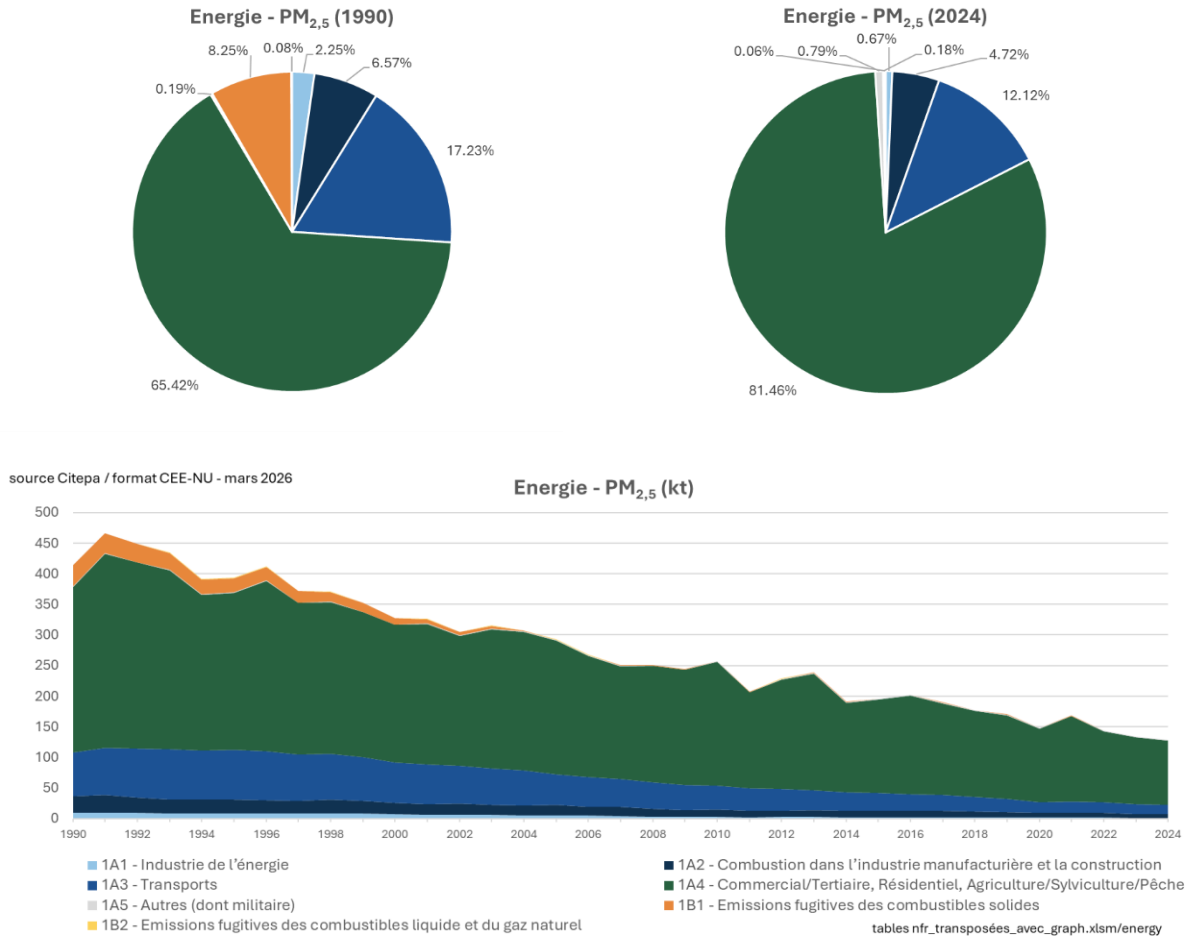


Figure 38 : Evolution et répartition des émissions de PM_{10} du secteur énergie (kt)

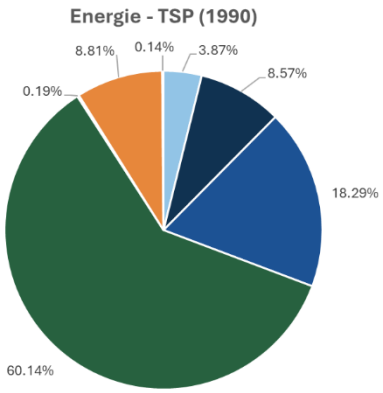
Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de PM_{10} sont les secteurs NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche), 1A3 (Transports) qui couvrent 80 % (en 1990) à 93 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1. Le niveau exceptionnellement élevé des émissions de l'année 1991 s'explique notamment par une forte consommation de bois dans le secteur NFR 1A4 en réponse à un hiver particulièrement rigoureux.

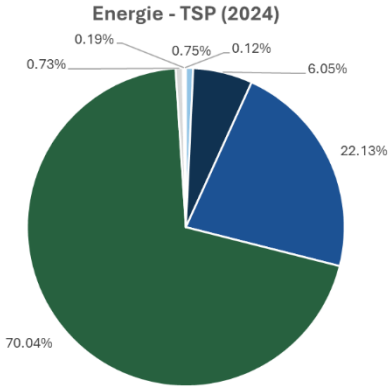
Pour des raisons identiques à celles détaillées pour les $PM_{2,5}$, la baisse de 68 % des émissions de PM_{10} observable entre 1990 et 2024 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Le secteur NFR 1A4 doit la baisse de ses émissions de PM_{10} 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_{10} du secteur NFR Energie qui ont baissé de 13 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimes ou de stagnations. Entre 2020 et 2021, elles ont connu un rebond avec +13 %, puis la baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : - 14 % en 2022, et -6 % en 2023 et -4 % en 2024.

3.2.8 Emissions de TSP





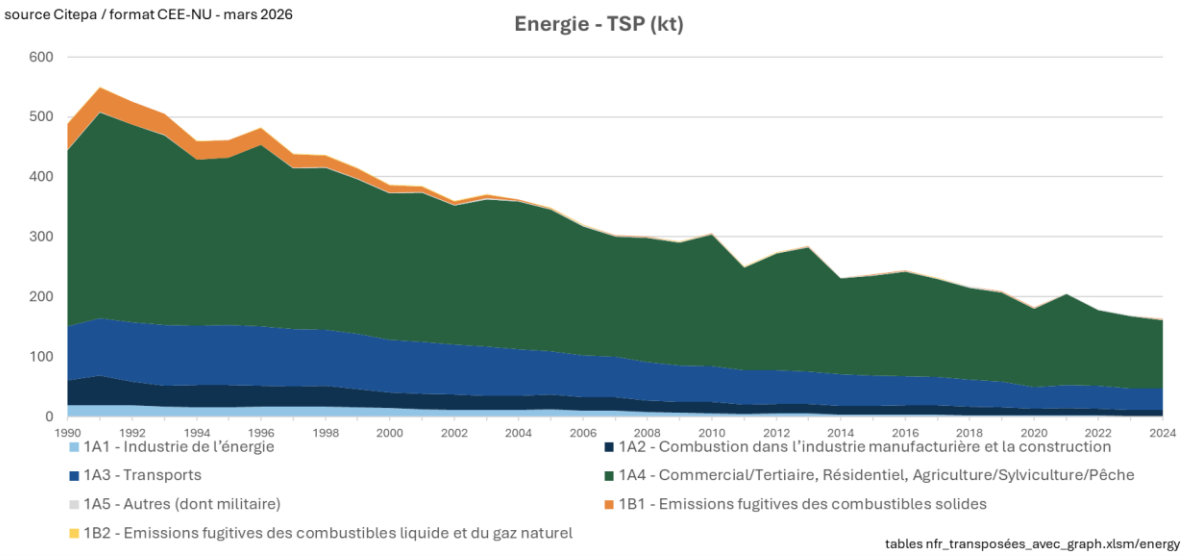


Figure 39 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur énergie (kt)

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 2024) 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 67 % des émissions de particules totales observable entre 1990 et 2024 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 particules totales du secteur NFR Energie qui ont baissé de 13 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimes ou de stagnations. Entre 2020 et 2021, elles ont subi un rebond de 13 %, puis la baisse des émissions s'est ensuite

poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -13 % en 2022, -6 % en 2023 et -3 % en 2024.

3.2.9 Emissions de BC

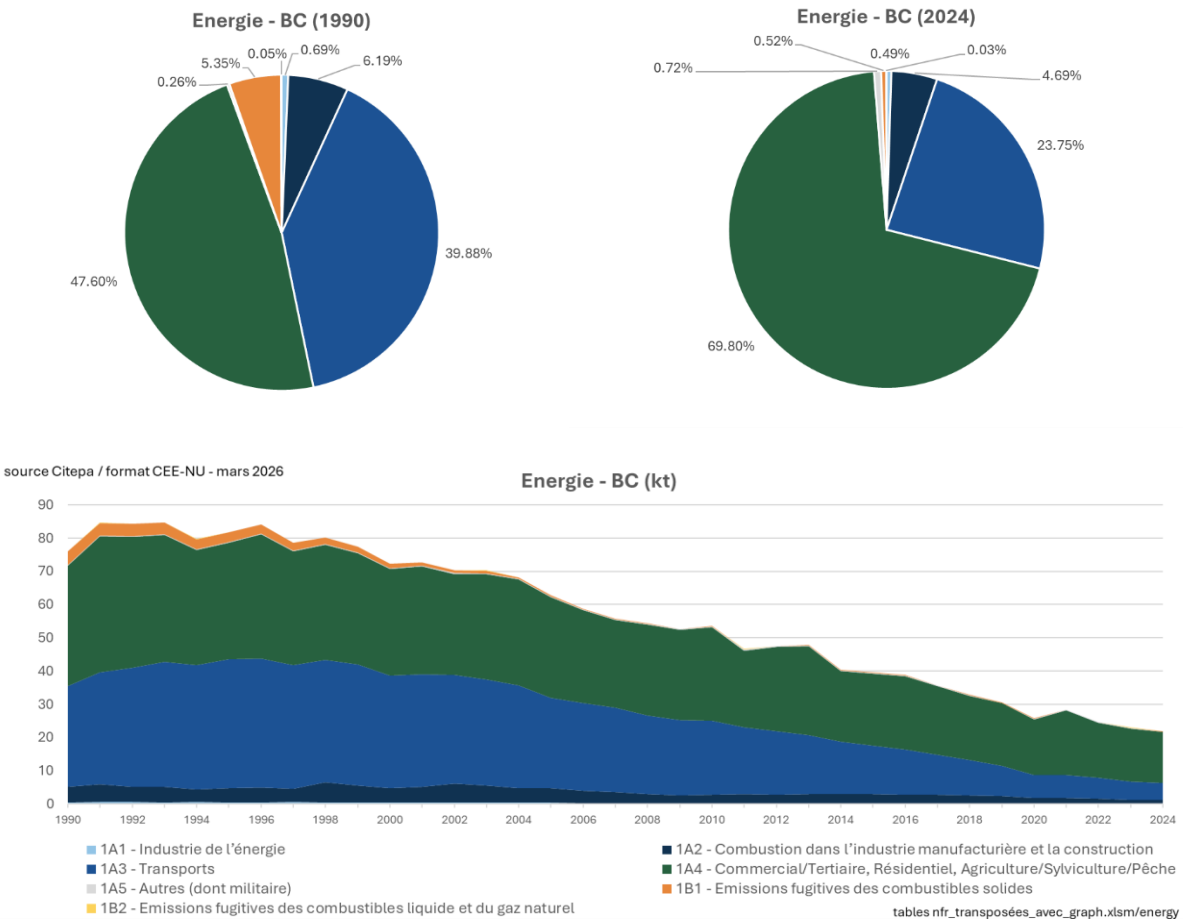


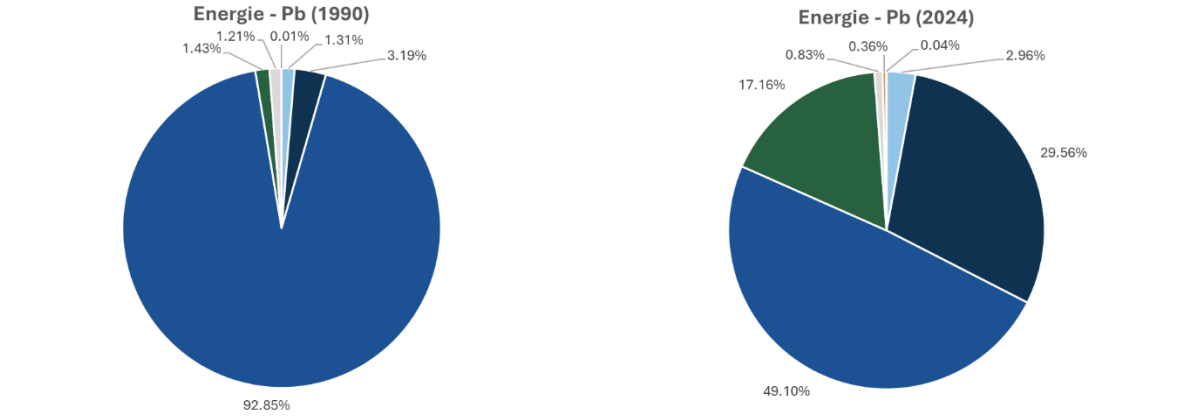
Figure 40 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur énergie (kt)

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 87 % (en 1990) à 94 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 71 % des émissions de BC observable entre 1990 et 2024 s'explique par des raisons similaires à celles évoquées pour les particules totales (TSP), les PM_{10} et les $PM_{2,5}$.

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 16 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimes ou de stagnations. Entre 2020 et 2021 elles ont connu un effet rebond de 10 %, puis la baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -13 % en 2022, -7 % en 2023 et -5 % en 2024

3.2.10 Emissions du Pb



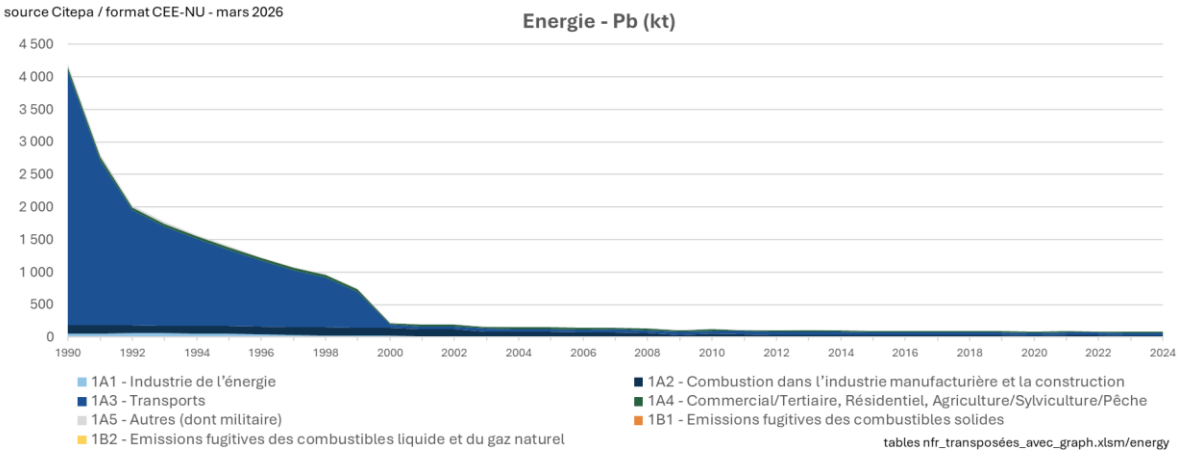


Figure 41 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur énergie (kt)

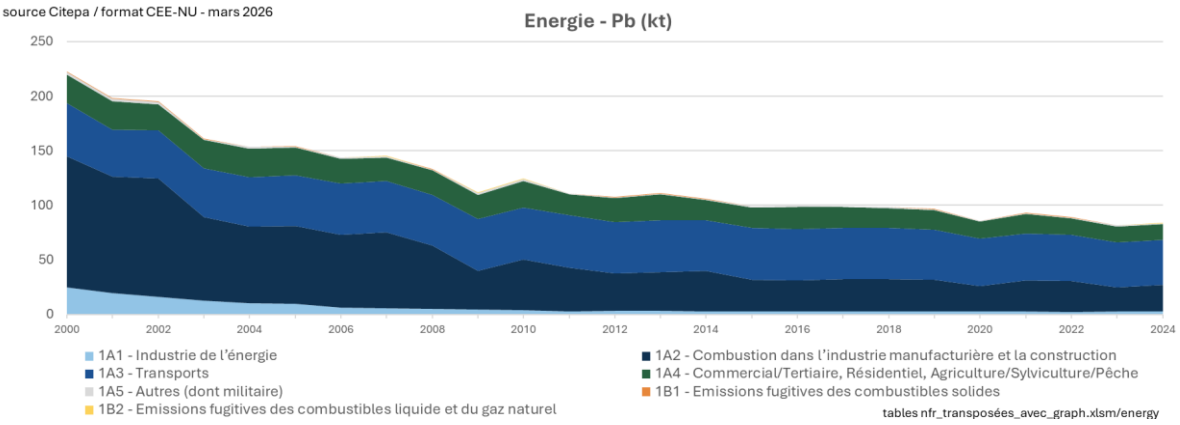


Figure 42 : Zoom à partir de 2000 : évolution et répartition des émissions de Pb du secteur énergie (kg)

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 49 % en 2024.

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 2024 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 11 % entre 2019 et 2020 après plusieurs années consécutives de baisses minimes ou de stagnations. En 2021, elles ont connu un rebond de 9 %, puis la baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -5 % en 2022 puis -8 % en 2023. Les émissions de plomb ont connu un petit rebond en 2024 avec une hausse de +3% par rapport à 2023.

3.2.11 Emissions du Cd

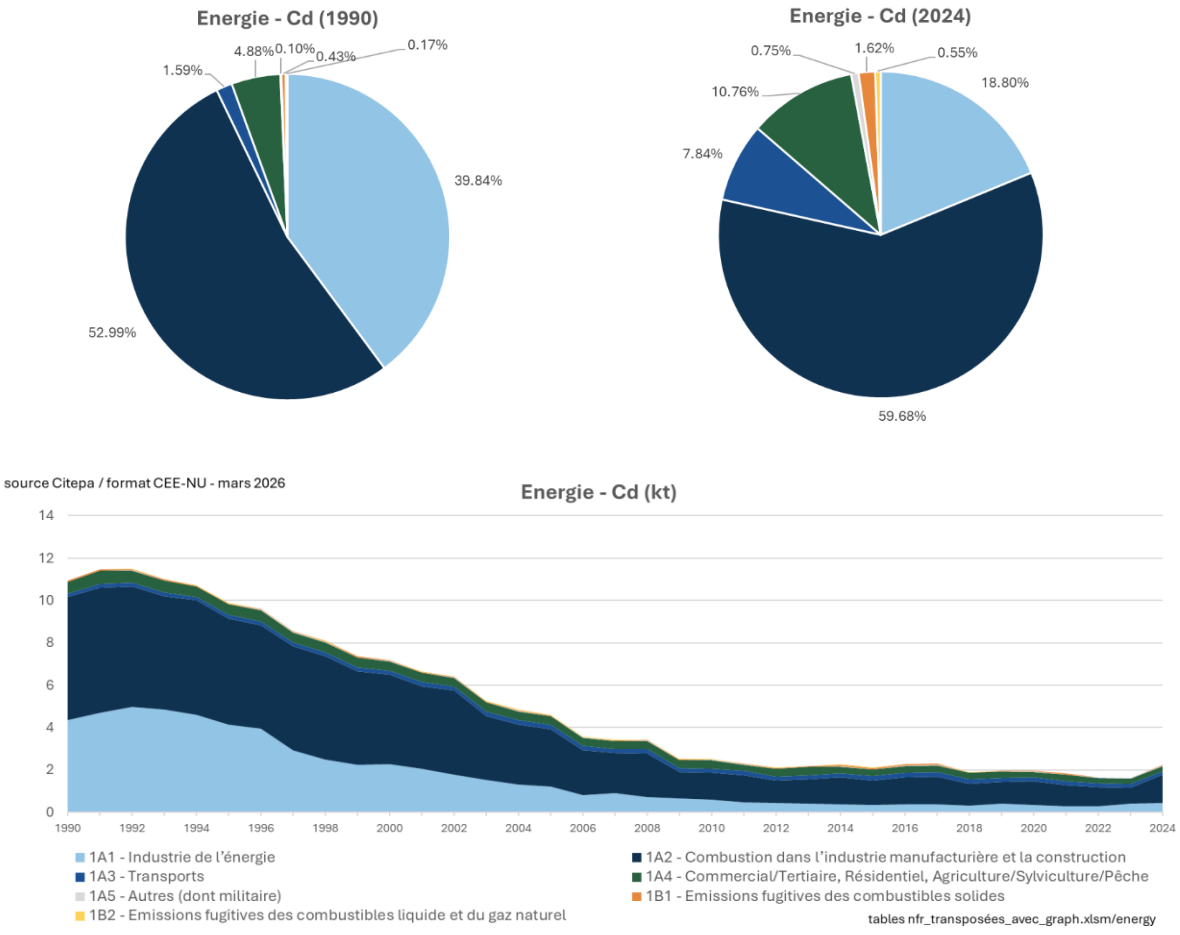


Figure 43 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur énergie (kt)

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 78 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 79 % des émissions de cadmium observable entre 1990 et 2024 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 entrainé de baisse conjoncturelle notable des émissions de cadmium entre 2019 et 2020, cependant les émissions de cadmium sont tout de même en légère baisse ou stagnent chaque année depuis 2009.

3.2.12 Emissions du Hg

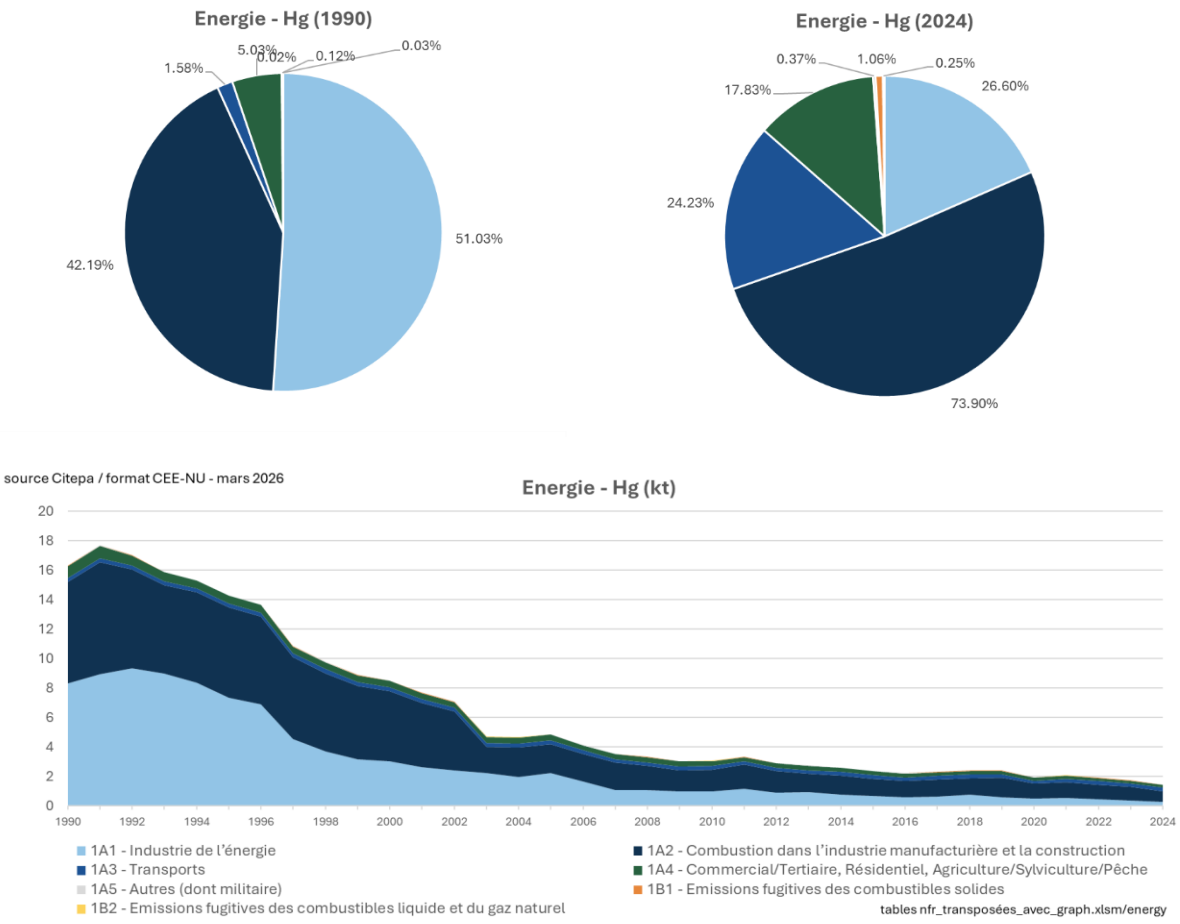


Figure 44 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur énergie (kt)

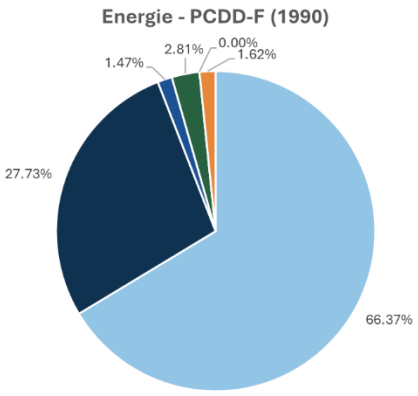
Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs de mercure (Hg) sont les secteurs NFR 1A2 (Industrie manufacturière) et 1A1 (Industrie de l'énergie) qui couvrent de 93 % (en 1990) à 70 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1.

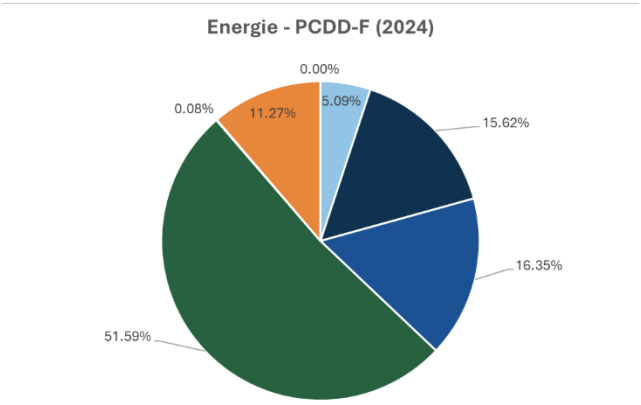
La baisse de 91 % des émissions de mercure observable entre 1990 et 2024 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- 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 minimes ou de stagnations. En 2021 elles ont suivi un rebond de seulement 8 %, puis la baisse des émissions s'est ensuite poursuivie les années suivantes à une allure plus modérée : -8 % en 2022, -8 % en 2023 et même -17% en 2024.

3.2.13 Emissions de dioxines et furanes (PCDD-F)





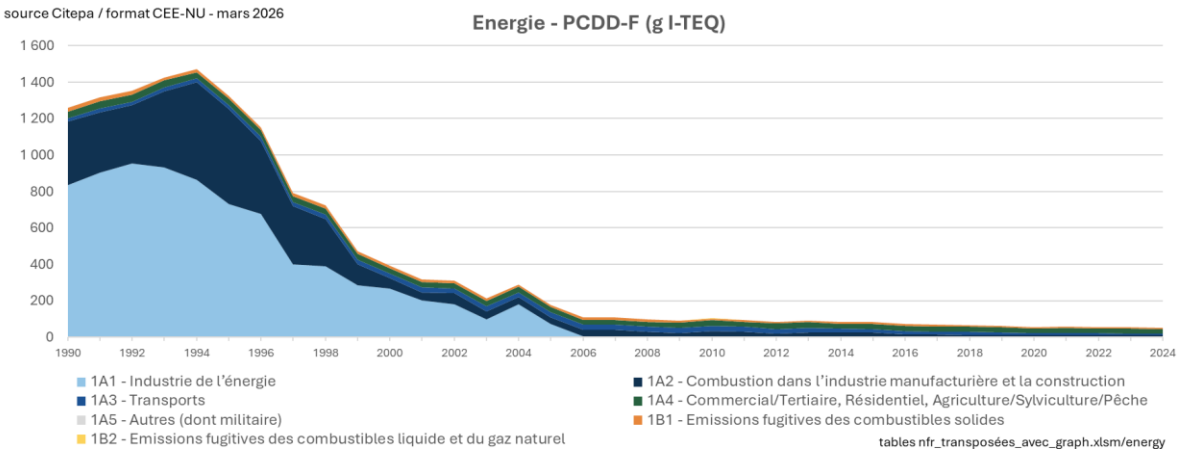


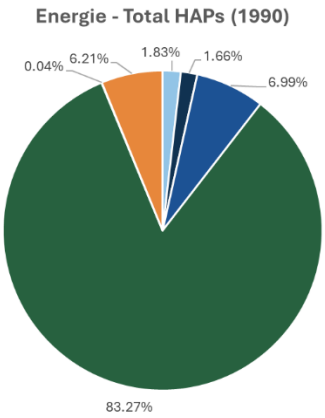
Figure 45 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur énergie (kt)

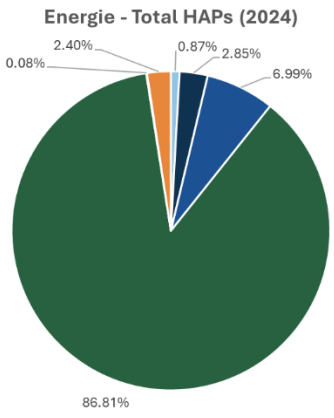
Depuis 1990, les principaux secteurs émetteurs au sein du NFR 1A de dioxines et furanes (PCDD/F) sont les secteurs NFR 1A2 (Industrie manufacturière) et 1A1 (Industrie de l'énergie) qui couvrent de 94 % (en 1990) à seulement 21 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1. En parallèle, le secteur NFR 1A4 (Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture/Sylviculture/Pêche) représentait seulement 3 % des émissions en 1990 contre 52 % sur NFR 1 en 2024 malgré une baisse des émissions de 26 % sur la même période.

La baisse de 96 % des émissions de PCDD/F observable entre 1990 et 2024 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).

3.2.14 Emissions de HAP





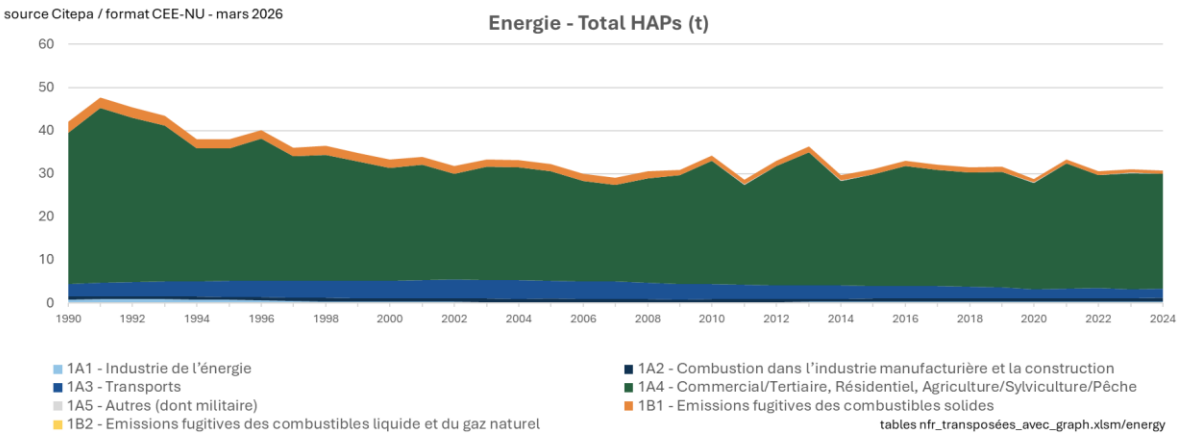


Figure 46 : Evolution et répartition des émissions de HAPs totaux du secteur énergie (t)

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 2024) des émissions du secteur NFR 1.

La baisse de 27 % des émissions des HAP observable entre 1990 et 2024 s'explique principalement par la baisse de 24 % 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 27 % entre 1990 et 2024 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.

3.2.15 Emissions de HCB

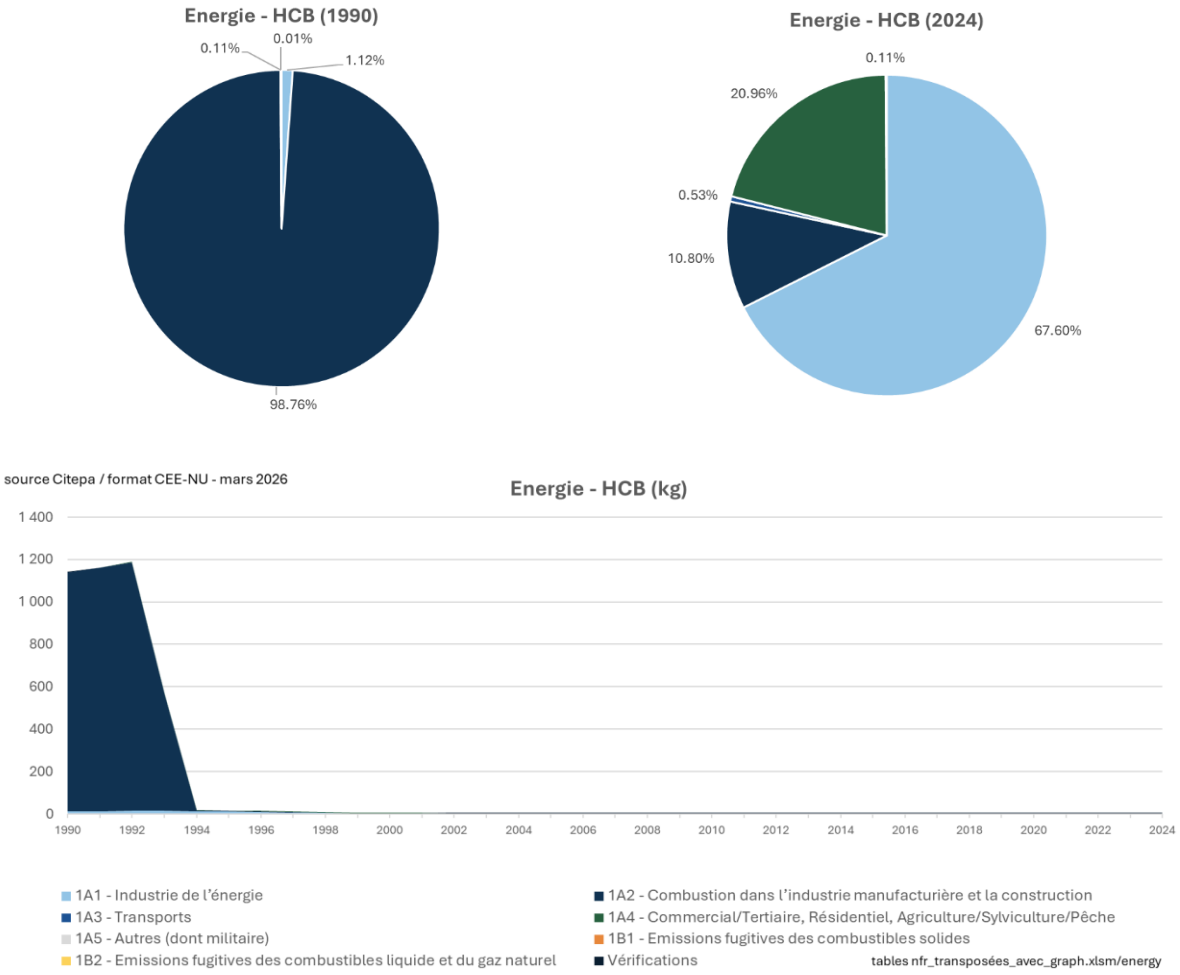


Figure 47 : Evolution et répartition des émissions de HCB du secteur énergie (kg)

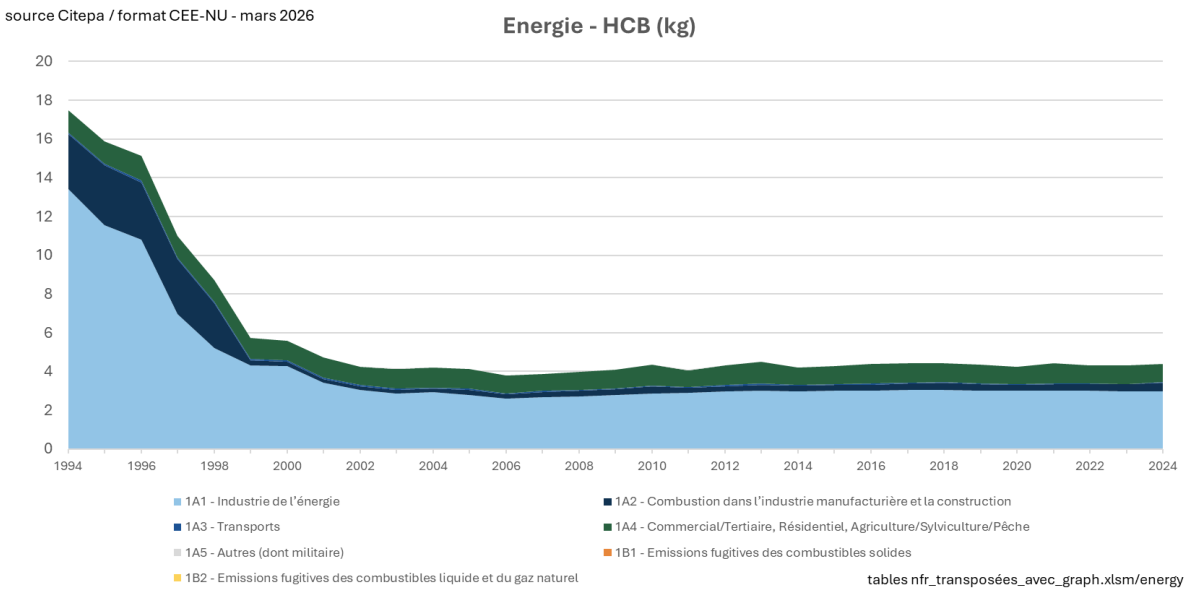


Figure 48 : Zoom à partir de 1994 : évolution et répartition des émissions de HCB du secteur énergie (kg)

En 1990, le principal secteur émetteur au sein du NFR 1 de l'hexachlorobenzène (HCB) est le secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) qui couvrait 98,8 % des émissions en 1990. Il n'en représente plus que 11 % en 2024. 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 (89 %) de HCB en 2024.

La baisse de 99,6% des émissions du HCB observable entre 1990 et 2024 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 2024 le secteur NFR 1A1 (Industrie de l'énergie) a vu ses émissions de HCB baisser de 77 %. 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.

3.2.16 Emissions de PCB

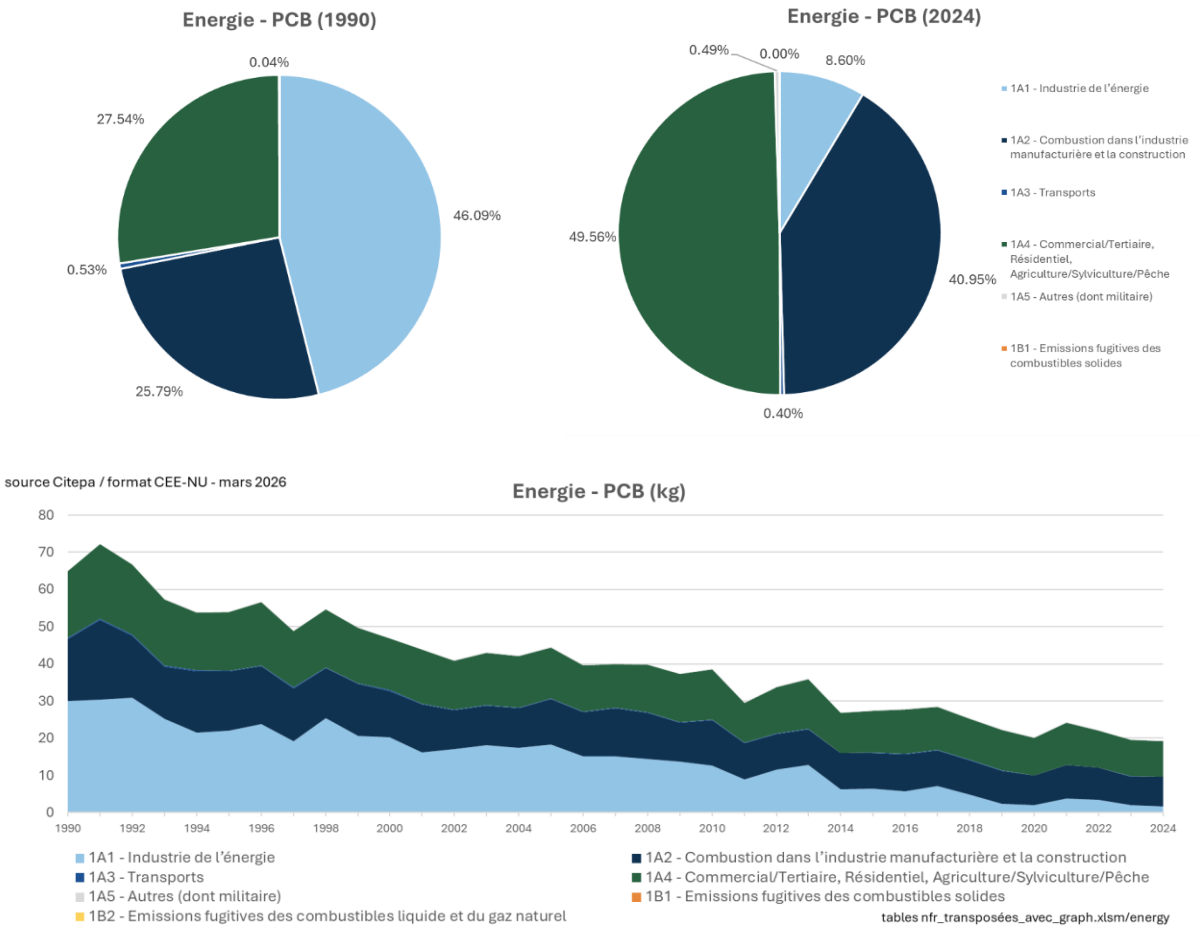


Figure 49 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur énergie (kg)

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 58 % (en 2024) des émissions du secteur NFR 1. La proportion importante restante de 26 % en 1990 du secteur NFR 1A2 (Industrie manufacturière) augmente à 41 % du total du secteur NFR 1 en 2024.

La baisse de 70 % des émissions des PCB observable entre 1990 et 2024 peut s'expliquer par les évolutions dans les différents secteurs NFR suivants :

- Une baisse de 94 % entre 1990 et 2024 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 47 % entre 1990 et 2024 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 53 % entre 1990 et 2024 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.

3.3 Caractéristiques des combustibles

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.

3.3.1 Pouvoirs calorifiques

Le pouvoir calorifique est utilisé pour traduire les quantités de combustibles en unité énergétique à partir des quantités exprimées en masse ou en volume [8] 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 :

Tableau 33 : Facteurs de conversion des principales unités énergétiques usuelles

Unité	Symbole	Equivalence Joules	Multiples les plus usités
tonne équivalent pétrole	tep	41,868 GJ	ktep, Mtep
Watt heure PCI	Wh	3 600 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) = 10^3	M (Mega) = 10^6	G (Giga) = 10^9	T (Tera) = 10^{12}

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 : Nomenclature des combustibles et PCI nationaux associés

Code combustible (NAPFUEc)	Désignation	MJ / kg	Source
101	Charbon à coke	29,5	[1]
102	Charbon vapeur	26	[1]
103	Charbon sous-bitumineux	20	[moyenne des PCI déclarés par les 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]

[8] 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
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 ou Pétrole lampant	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	42	Analogie avec 219
219	Autres lubrifiants	42	[1]
222	Bitumes	40,2	[9]
224	Autres produits pétroliers (graisses, ...)	40,2	[9]
301	Gaz naturel	évolution annuelle	[2][3]
31B	Biométhane		[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]

3.3.2 Teneurs et facteurs d'émission

3.3.2.1 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) jusqu'en 2013, gaz de pétrole liquéfié (GPL), gazole, essence, 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), fioul domestique à partir de 2014, 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_2 (déSO_X), 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_2 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_2

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g SO_2 / 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	Avant 2014 : selon les évolutions réglementaires Après 2014 : [1304]
205 et 25B	Gazole et Gazole Non Routier et Biocarburant gazole	évolution annuelle	Selon les évolutions réglementaires
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	2,2	[13, 14]
	GPLc	8,7 jusqu'en 2009 et 2,2 jusqu'en 2020 et 1,3 depuis 2021	
304	Gaz de cokerie	530	[3, 6]
305	Gaz de haut fourneau	30	[637]
308	Gaz de raffinerie / pétrochimie	Valeurs spécifiques	-
309	Biogaz	Valeurs spécifiques	-
312	Gaz d'aciérie	14	[6]

3.3.2.2 Teneur en azote et facteurs d'émission nationaux

La teneur en azote combiné des combustibles a une incidence sur la formation des NO_X "fuel". Cependant, du fait de voies de formation multiples des oxydes d'azote (NO_X "thermique" et NO_X "prompt") et de la forte dépendance des émissions de NO_X 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_X 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 hors résidentiel sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 36 : Récapitulatif des FE NOx

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en g NO_x / 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	
303	GPL	60	[22]
308	Gaz de raffinerie / pétrochimie	63	[1264]
309	Biogaz	Idem gaz naturel	

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).

3.3.2.3 Facteurs d'émission des COVNM

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

Tableau 37 : Récapitulatif des FE COVNM

Code NAPFUEc	Désignation	Facteur d'émission en gCOVNM/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]
309	Biogaz	10 et 2 selon les puissances	[939][940]

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).

3.3.2.4 Facteurs d'émission du CO

Les remarques ci-dessus relatives aux NO_X 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	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]
304	Gaz de cokerie	5 et 27 selon les puissances	[939][1321]
305	Gaz de haut fourneau	5 et 27 selon les puissances	[939][1321]
308	Gaz de raffinerie / pétrochimie	12,1	[1264]
309	Biogaz	156 et 30 selon les puissances	[939][940]
312	Gaz d'aciérie	5 et 27 selon les puissances	[939][1321]

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).

3.3.2.5 Facteurs d'émission du NH_3

Les émissions de NH_3 liées à la combustion sont faibles sauf en présence d'équipements d'épuration particuliers. Pour les sources fixes, les émissions de NH_3 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_3 sauf en cas de système d'abattement des émissions de NOx (SCR ou SNCR). Ce guide propose tout de même un facteur d'émission NH_3 pour le biogaz (à savoir 0,23 g/GJ).

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_3 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_3 du bois et des CMS

Type d'installations	FE bois	FE CMS
Chaudières < 50 MW	1 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_3 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.

3.3.2.6 Facteurs d'émission des 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 particulaires 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	0,45	Non	[940]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel		
303	Gaz de pétrole liquéfié	0,45	Non	[940]
304	Gaz de cokerie	2,5	Non indiqué	[939]
305	Gaz de haut fourneau			
309	Biogaz	Idem gaz naturel		
312	Gaz d'aciérie	2,5	Non indiqué	[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).

3.3.2.7 Facteurs d'émission des PM_{10}, $PM_{2,5}$, et $PM_{1,0}$

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_{10}	75	76	71	68	26
$PM_{2,5}$	41	40	51	43	10
$PM_{1,0}$	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_{10}	63	63	100	95	66
$PM_{2,5}$	41	41	97	22	38
$PM_{1,0}$	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_{10}	92	60	62
$PM_{2,5}$	77	32	48
$PM_{1,0}$	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 $PM_{1,0}$.

Tranche granulométrique	*% répartition des particules totales*
PM_{10}	100
$PM_{2,5}$	100
$PM_{1,0}$	100

3.3.2.8 Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM2,5. 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.

3.3.2.9 Facteurs d'émission des 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][575]),
- mesures réalisées par GDF [639],
- projet Cortea 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 particulaires plus importantes et par voie de conséquence des émissions plus importantes de métaux lourds provenant de la biomasse.

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	2,4	[70]
102	Charbon vapeur	2,7	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	3,5	[70]
105	Lignite	4,1	[70]
111	Bois et assimilé	9,46 et 9,5 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		
117	Déchets agricoles		
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	0,14	[70]
102	Charbon vapeur	0,15	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	0,20	[70]
105	Lignite	0,24	[70]
111	Bois et assimilé	1,76 et 1,4 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		
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	5,1	[70]
102	Charbon vapeur	5,8	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	7,5	[70]
105	Lignite	8,8	[70]
111	Bois et assimilé	9,03 et 47 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	8,5	[70]
204	Fioul domestique	0,282	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,282	[573]
301	Gaz naturel	0,0013	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

Cuivre

Code NAPFUEc	Désignation	mg Cu/ GJ	Référence
101	Charbon à coke	5,4	[70]
102	Charbon vapeur	6,2	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	8,0	[70]
105	Lignite	9,4	[70]
111	Bois et assimilé	21,1 et 31 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	6,5	[70]
204	Fioul domestique	0,171	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,171	[573]
301	Gaz naturel	0,006	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

Mercure

Code NAPFUEc	Désignation	mg Hg/ GJ	Référence
101	Charbon à coke	10,2	[70]
102	Charbon vapeur	11,5	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	15	[70]
105	Lignite	17,6	[70]
111	Bois et assimilé	1,51 et 0,8 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	2	[70]
204	Fioul domestique	0,054	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,054	[573]
301	Gaz naturel	0,0001	[639]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

Nickel

Code NAPFUEc	Désignation	mg Ni/ GJ	Référence
101	Charbon à coke	6,8	[70]
102	Charbon vapeur	7,7	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	10	[70]
105	Lignite	11,8	[70]
111	Bois et assimilé	14,2 et 11 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		
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	2,4	[70]
102	Charbon vapeur	2,7	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	3,5	[70]
105	Lignite	4,1	[70]
111	Bois et assimilé	20,6 et 90 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		
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	0,5	[70]
102	Charbon vapeur	0,6	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	0,8	[70]
105	Lignite	0,9	[70]
111	Bois et assimilé	1,2 et 7 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		

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	16,9	[70]
102	Charbon vapeur	19,2	[70]
103	Charbon sous-bitumineux	25	[70]
105	Lignite	29,4	[70]
111	Bois et assimilé	181 et 290 selon les puissances	[1265][70]
116	Déchets de bois		
117	Déchets agricoles		
203	Fioul lourd HTS / BTS / TBTS	25	[70]
204	Fioul domestique	0,446	[573]
205	Gazole / gazole non routier	0,446	[573]
301	Gaz naturel	0,0015	[575]
31B	Biométhane	Idem gaz naturel	

3.3.2.10 Facteurs d'émission des 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.

Dans la version la plus récente des lignes directrices européennes EMEP/EEA 2023 [1303], les facteurs d'émission des HAP et des dioxines et furanes du gaz naturel sont considérés comme nuls. Par extension, ceux associés au biométhane et au GPL sont considéré comme nuls.

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]. Pour le gaz naturel et combustibles assimilés, le facteur d'émission est considéré comme nul [1303].

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
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	A priori nul ou négligeable
31B	Biométhane	
303	Gaz de pétrole liquéfié	

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 charbon/lignite,
- étude CONCAWE [396] pour le gaz de raffinerie.
- études US EPA et Citepa pour la biomasse solide [67][1384] selon les catégories de puissance.

Pour le gaz naturel et combustibles assimilés, le facteur d'émission est considéré comme nul [1303].

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	2,0

	Bois et assimilé (≥ 50MW)	1,118	0,043	0,015	0,037
116 (*)	Déchets de bois (*) (< 50MW)	0,5	1,1	0,3	2,0
	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	0,0153	0,0123	0,0144	0,0194
204	Fioul domestique - TAC	0,0144	0,343	0,356	0,0086
301	Gaz naturel	A priori nul ou négligeable			
31B	Biométhane				
303	Gaz de pétrole liquéfié				
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	0,0204	0,0307	0,0152	0,0865
204	Fioul domestique - TAC	0,0091	0,0249	0,0086	0,257
301	Gaz naturel	A priori nul ou négligeable			
31B	Biométhane				
303	Gaz de pétrole liquéfié				
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	49	[346]
102	Charbon vapeur	55	[346]
103	Charbon sous-bitumineux	72	[346]
105	Lignite	141(<50 MW) 106 (>50 MW)	[40]
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	A priori nul ou négligeable
204	Fioul domestique	
301	Gaz naturel	
31B	Biométhane	

3.4 Industrie de l'énergie (NFR 1A1)

3.4.1 Caractéristiques de la catégorie

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

Le secteur 1A1a est une catégorie clé en émissions pour le SO_2, plusieurs métaux lourds (Cd, Hg, 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_x, le SO_2, plusieurs métaux lourds (Cd, Hg, As, Cu, 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 en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	-	-	2	17.4%
SO_2	7	5.2%	1	39.3%
Cd	3	8.6%	3	21.0%
Hg	3	12.5%	1	32.5%
As	-	-	5	10.4%
Cu	-	-	5	6.2%
Ni	5	7.5%	3	13.9%
Se	-	-	4	7.4%
Zn	6	4.4%	-	-
PCDD/F	-	-	1	49.1%
HCB	1	46.1%	-	-
PCB	5	5.5%	2	17.2%

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 hexagonale, 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 France hexagonale

Graph_1A1a.xls/Electricité

source Citepa / format CCNUCC - mars 2	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Production nationale	**421**	**494**	**540**	**576**	**569**	**572**	**557**	**554**	**575**	**563**	**525**	**548**	**467**	**517**	**562**
Hydraulique, éolien et photovoltaïque	54	74	67	53	74	84	90	83	104	103	115	111	102	129	143
Thermique nucléaire	314	377	415	452	429	437	403	398	413	399	354	379	295	338	380
Thermique classique	49	40	53	67	62	45	58	67	52	56	51	52	64	44	32
Solde des échanges	***-45***	***-70***	***-69***	***-60***	***-31***	***-64***	***-42***	***-40***	***-63***	***-58***	***-45***	***-45***	***15***	***-50***	***-90***
Importations	*7*	*3*	*4*	*8*	*19*	*10*	*20*	*21*	*14*	*16*	*20*	*24*	*52*	*25*	*15*
Exportations	*-52*	*-73*	*-73*	*-68*	*-50*	*-74*	*-61*	*-61*	*-76*	*-73*	*-65*	*-69*	*-37*	*-76*	*-105*
Pompages et Consommation des auxiliai	*-26*	*-29*	*-32*	*-35*	*-34*	*-15*	*-15*	*-15*	*-16*	*-15*	*-15*	*-15*	*-18*	*-17*	*-19*
Consommation (1)	**349**	**395**	**438**	**481**	**504**	**493**	**500**	**499**	**496**	**491**	**465**	**488**	**465**	**449**	**453**

(1) Consommation intérieure ou énergie appelée, non corrigée du climat *Source : SDES*

En France hexagonale, le nombre de sites concernés tend à rester à peu près stable depuis 1990, autour d'une trentaine. Les sites en Hexagone étaient majoritairement équipés de chaudières fonctionnant au charbon ou au fioul lourd. Mais, depuis 2005, cette situation évolue progressivement, avec la mise en service d'une dizaine de nouvelles centrales au gaz et la fermeture progressive des centrales au charbon et au fioul lourd. Les chaudières représentaient près de 99% de la consommation d'énergie entrante en combustible en 1990, tandis que les turbines à combustion sont depuis devenues le type d'installation prépondérant, avec désormais près de deux tiers de la consommation d'énergie entrante, 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 1,95 Mtep d'énergie en 2024. Les figures suivantes présentent la répartition par combustible des consommations de ces installations en 1990 et en 2024.

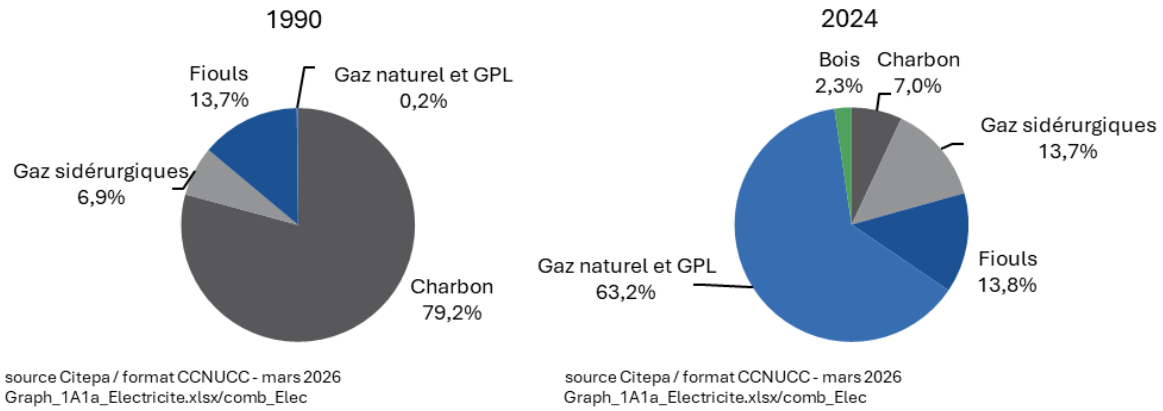


Figure 50 : Mix de combustibles des centrales thermiques de production d'électricité en France hexagonale

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 entrainé la baisse de consommation de ces gaz.
- La mise en service et la montée en puissance, depuis 2005 sur le sol hexagonal, 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 hexagonale 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 réalisé 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 une faible production d'électricité, un recours accru aux centrales thermiques au gaz naturel et un solde des échanges importateur.
- En 2024, la production d'électricité a enregistré une hausse par rapport à l'année précédente, principalement en raison de l'augmentation de la production nucléaire, qui a bénéficié d'une meilleure disponibilité des réacteurs. La

production d'énergie renouvelable a également progressé, soutenue par des conditions météorologiques favorables pour la filière hydraulique et par le développement des capacités dans le solaire. Enfin, la production thermique a continué de diminuer, notamment en raison d'un recours réduit au gaz naturel et au GPL dans son mix énergétique.

- **Les installations de chauffage urbain**

Il y a en France hexagonale plus de 650 installations de chauffage urbain alimentant plus d’un millier de réseaux de distribution (production centralisée de chaleur en vue de sa distribution à des tiers au moyen de réseaux de distribution).

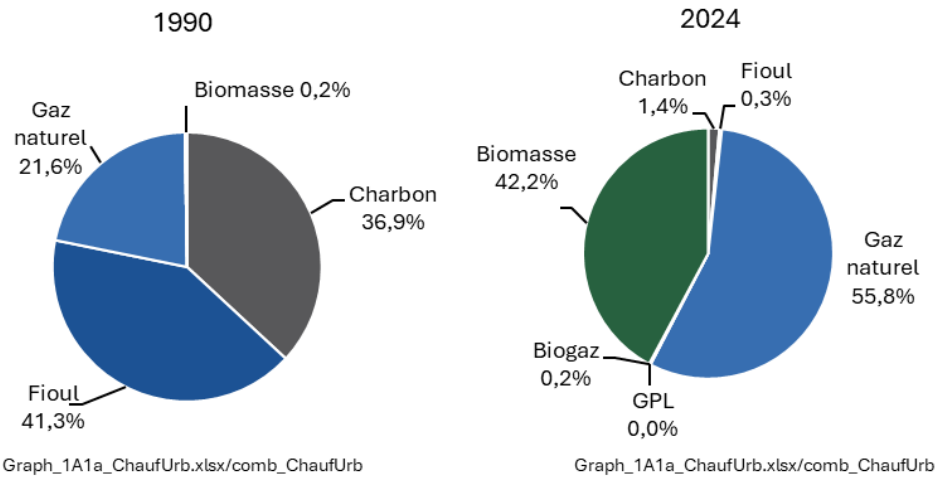
Les installations ont consommé au total 1,8 Mtep d’énergies combustibles en 1990 comme en 2024. Cette consommation de combustibles est variable selon les années et dépend notamment de la rigueur climatique. Les installations de chauffage urbain peuvent aussi consommer des énergies non directement émissives comme la géothermie directe, la cogénération externe ou la chaleur fatale des UVE ou sites industriels. Cependant, on peut noter le développement de la cogénération depuis le début des années 2000, qui a accompagné la hausse du niveau de consommations comparativement à 1990 (où seule la production de chaleur existait).

Tableau 43 : Production du chauffage urbain en France hexagonale

Année	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
2023	1 000	26 428	2 808
2024	1 041	28 326	2 466

source SNCU Graph_1A1a_ChaufUrb.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 56 % de la consommation énergétique totale du secteur entre 1990 et 2024. Le recours à la biomasse solide se développe également de façon notable : sa contribution est passée de 0,2 % à 42 % des consommations totales entre 1990 et 2024.



Graph_1A1a_ChaufUrb.xlsx/comb_ChaufUrb Graph_1A1a_ChaufUrb.xlsx/comb_ChaufUrb

Figure 51 : 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.

3.4.1.2 Raffinage du pétrole (1A1b)

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

Tableau 44 : Polluants pour lesquels le secteur 1A1b est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO_2	-	-	3	7.1%
Cd	9	5.2%	-	-
Ni	8	5.3%	2	17.7%
Se	-	-	5	5.9%

Il y a actuellement 10 raffineries déclarant une activité en France dont une située en Martinique (territoire outre-mer inclus dans l'UE) 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 de la période d'étude.

Le site de La Mède a arrêté le traitement du pétrole brut à la fin de l'année 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. Un projet similaire pour le site de Grandpuits est en cours. Il est prévu que la plateforme de Grandpuits soit de nouveau opérationnelle à partir de 2025.

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,

- 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 Hexagone.

A noter que, à partir de l'année 2012, les consommations de gaz de réseau, provenant des déclarations des exploitants [19], sont séparées en flux de gaz naturel (NAPFUE 301) et biométhane (NAPFUE 31B), en appliquant le taux de biométhane moyen national sur toute la série historique (cf. section générale énergie).

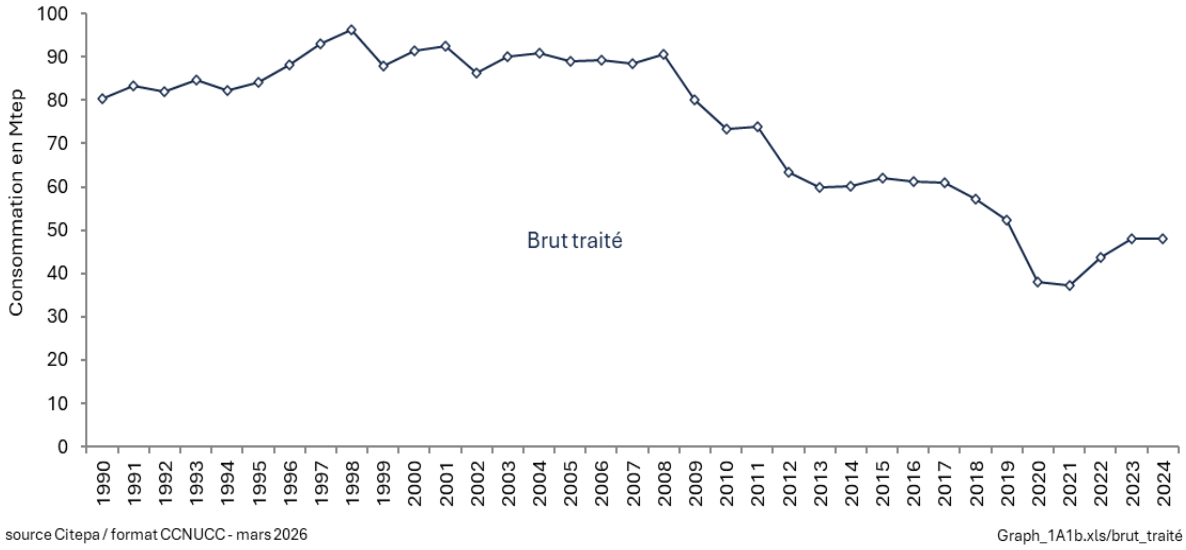


Figure 52 : Brut traité dans les raffineries en France hexagonale et Martinique (Périmètre France UE)

Le graphique ci-dessus présente les évolutions pour l'Hexagone 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 (0,7 à 1,3% de la quantité totale de brut traité).

En 2024, la quantité de brut traité dans les raffineries françaises est de 48 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 entrainé 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 -22% entre 2017 et 2024. L'année de 2020, très impactée par la pandémie de Covid-19, a vu une chute inédite de -27%. On observe un léger rebond en 2022 puis en 2023 (+29% cette année-là, comparé à 2021), avant de se stabiliser en 2024. La tendance sur le long terme est donc plutôt à la baisse.

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, entrainant 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 (respectivement 57% et 72% des consommations totales d'énergie en 1990 et 2024).

3.4.1.3 Transformation des combustibles minéraux solides et raffinage du gaz (1A1c)

Le secteur 1A1c n'est pas catégorie clé en niveau en 2024 et n'est pas non plus catégorie clé en évolution.

- **Transformation de combustibles minéraux solides**

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**

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 hexagonale. L'activité et la consommation d'énergie de ce site ont commencé à décroitre progressivement à partir de 1996 avec l'épuisement du gisement et le site a fermé définitivement en 2014.

3.4.2 Méthode d'estimation des émissions

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/methodologie-de-linventaire-ominea/.

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

- **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_2

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_x

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 sont appliqués (voir section générale énergie).

Emissions de COVNM

Les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission tirés du guide EMEP / EEA [419] ou du guide de la profession [380], à l'exception de la biomasse

solide, pour lequel le facteur d'émission utilisé est celui présenté en section générale énergie.

Emissions de CO

Les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission tirés du guide EMEP / EEA [419][1337] ou du guide de la profession [380].

Emissions de NH_3

Les premiers équipements d'installations avec des dispositifs de réduction des émissions de NOx du type réduction catalytique sélective (SCR) datent de 2005. Ces dispositifs sont susceptibles de rejeter du NH_3. Avant cette date, les émissions de NH_3 sont nulles ou si faibles qu'elles sont négligées. Les émissions sont estimées directement à partir des déclarations des industriels [19] ou, en leur absence dans les déclarations, le sont en extrapolant à partir des émissions déclarées lors des années précédentes.

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.

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.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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 $PM_{2,5}$.

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%.

Emissions des métaux lourds (ML)

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

Pour la lignite (105), la biomasse solide (111), 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.

Emissions des dioxines et furanes (PCDD-F)

Les émissions sont déterminées au moyen des facteurs d'émission présentés en section générale énergie.

Emissions des 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 présentés en section générale énergie.

Emissions des polychlorobiphényles (PCB)

Les émissions de PCB sont déterminées au moyen des facteurs d'émission présentés en section générale énergie.

Emissions de hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de HCB sont déterminées au moyen des facteurs d'émission présentés en 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 générant des émissions directes 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_2

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de SO_2 sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe 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_2 sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de NO_x

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de NO_x 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_X.

Pour les autres installations, les émissions de NO_x 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 :

Tableau 45 : Facteurs d'émission NO_X utilisés pour la biomasse solide selon la période considérée en installations de puissance 20-50MW

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_X des installations inférieures à 20 MW [1004] et pour celles inférieures à 1 MW fonctionnant à la biomasse [1212][1366].

Tableau 46 : Facteurs d'émission NO_X utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE NOX g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW		132	[1004]
Chaufferies de puissance inférieure à 1MW	Plaquettes	80	[1212]
	Granulés		[1366]

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 Fonds Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004] ainsi que pour les FE des installations inférieures à 1 MW [1212].

Tableau 47 : Facteurs d'émission COVNM utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE COVNM g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW	FC	2,2	[1004]
	Hors FC	4,8	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1MW		12	[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 selon qu'elles fonctionnent aux granulés ou aux plaquettes forestières [1212][1366].

Tableau 48 : Facteurs d'émission CO utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE CO g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW		250	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1MW	Plaquettes	260	[1212]
	Granulés	435	[1366]

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_3

Les émissions de NH_3 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 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 issus 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 :

Tableau 49 : Facteurs d'émission TSP utilisés pour la biomasse solide selon la période considérée en installations de puissance 20-50MW

Période	1990-2001	2002-2010	2011-20XX
Facteur d'émission en g TSP/GJ	100	18	12,8

Des distinctions spécifiques sont réalisées pour les facteurs d'émission de TSP :

- Pour les installations inférieures à 20 MW faisant partie du Fonds Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004],
- Pour les installations inférieures à 1 MW, avec une distinction si elles fonctionnent aux granulés [1366] ou aux plaquettes forestières [1212].

Tableau 50 : Facteurs d'émission TSP utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE TSP g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW	FC	16,8	[1004]
	Hors FC	100	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1MW	Plaquettes	100	[1212]
	Granulés	35	[1366]

Les particules dites condensables, émises immédiatement par le refroidissement et la dilution des fumées, sont considérées comme prises en compte par ces facteurs d'émission.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$

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 $PM_{2,5}$. Ces ratio proviennent 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.

Emissions des 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].

Emissions des 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).

Emissions des 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.

Emissions des polychlorobiphényles (PCB)

Les émissions de PCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de 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.

3.4.2.2 Raffinage du pétrole (1A1b)

La méthode appliquée est de rang EMEP 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 brulage de coke de pétrole lors de la régénération du craqueur catalytique, sont comptabilisées dans la section « 1B2a_petrol refining », et celles relatives aux torchères dans la section « 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_2

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_x

Les émissions sont le plus souvent déterminées, soit à partir d'une mesure, soit au moyen de facteurs d'émission tirés de la littérature (dépendant du type d'installation : [1380] pour les chaudières et fours, [1269, 1276] pour les turbines et [1381] pour les moteurs).

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, qui varient selon le type d'installation : [446, 1380] pour les chaudières et fours, [676] pour les turbines et [1276 et 1382] pour les moteurs.

Emissions de CO

Les émissions sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission tirés de la littérature, qui varient selon le type d'installation : [1380] pour les chaudières et fours, [676] pour les turbines et [1381] pour les moteurs

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 sont supposées négligeables, conformément à la littérature [1380, 1381], d'autant qu'il n'y a pas actuellement d'installation munie de dispositif d'épuration des NOx 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 fioul domestique (NAPFUE 204), le gaz de raffinerie (NAPFUE 308) et le GPL (NAPFUE 303), les valeurs proviennent du Guidebook EMEP / EEA : [1380] pour les chaudières et fours, [1269, 1276] pour les turbines et, pour les moteurs, les FE utilisés sont les mêmes que pour la production centralisée d'électricité (cf. section

sur la production d'électricité). 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 rétropolation 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). 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], à savoir : 100% PM_{10}/TSP, 62% $PM_{2.5}$/TSP et 44% $PM_{1.0}$/TSP.

Concernant les moteurs, la granulométrie utilisée est la même que pour la production centralisée d'électricité (cf. section sur la production d'électricité), à savoir, pour les fiouls lourd et domestique : 100% PM_{10}/TSP, 70% $PM_{2.5}$/TSP et 35% $PM_{1.0}$/TSP.

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 :

- 5,6% pour le fioul lourd (NAPFUE 203) et les autres produits pétroliers (NAPFUE 224)[1380],
- 33,5% pour le fioul domestique (NAPFUE 204)[1380],
- 2,5% pour le gaz naturel (NAPFUE 301) et le GPL (NAPFUE 303)[936],
- 18,4% pour le gaz de raffinerie (NAPFUE 308), les gaz de haut-fourneaux (NAPFUE 305) et les autres gaz (NAPFUE 314) [1380].

Turbines :

- 33,5% pour les combustibles liquides [1276],
- 2,5% pour le gaz naturel [936],
- 18,4% pour le gaz de raffinerie [1380].

Moteurs [1381] :

- 78% pour les combustibles liquides,
- 2,5% pour le gaz naturel.

Fours :

- 5,6% pour le fioul lourd (NAPFUE 203) et les autres produits pétroliers (NAPFUE 224)[1380],
- 33,5% pour le fioul domestique (NAPFUE 204)[1380],
- 4,0% pour le gaz naturel (NAPFUE 301) et le GPL (NAPFUE 303)[1273],
- 18,4% pour le gaz de raffinerie (NAPFUE 308), les gaz de haut-fourneaux (NAPFUE 305) et les autres gaz (NAPFUE 314)[1380].

Emissions des 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].

Emissions des 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].

Emissions des 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 et fioul domestique), les émissions sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie). Les bitumes sont assimilés au fioul lourd. Les facteurs d'émission pour le gaz de raffinerie sont tirés du Concawe [677].

Emissions des 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).

Emissions de 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).

3.4.2.3 Transformation des combustibles minéraux solides et raffinage du gaz (1A1c)

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

Les consommations de combustibles dédiées au secteur de la production et la transformation du charbon (en lien avec l'activité minière, hors fours à coke) 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. Pour les deux sites, les consommations de combustibles sont connues pour 2001 pour un site et pour la période 2004-2009 pour l'autre site [19], et ensuite extrapolées en fonction des productions de coke [19, 53].

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 la cokerie, de la chaîne d'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 certains producteurs d'électricité.

Les émissions liées à la fabrication du charbon de bois sont calculées à partir de la production [517, 518 et 1061], et des facteurs d'émission spécifiques au secteur [78].

Emissions de SO_2

Pour la transformation du charbon, les émissions de SO_2 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_2 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 NOx

Pour la transformation du charbon, les émissions de NOx 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 NOx 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_3

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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les facteurs d'émission des PM_{10}, $PM_{2,5}$ et $PM_{1,0}$ 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 50% de cyclones, 10% d'électrofiltres, 10% de filtres à manches, de 5%de laveurs et de 25% 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].

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 $PM_{2,5}$. 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 [761].

Pour les cokeries minières et sidérurgiques, 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.1 pour les combustibles liquides et provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [761]. 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].

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 [761].

Emissions des 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'émission 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.

Emissions des 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). Conformément à la nouvelle version de l'EMEP, depuis 2024, le facteur d'émission PCDD-F du gaz naturel est égal à zéro.

Il n'y a pas d'émission estimée pour la fabrication de charbon de bois.

Emissions des 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]. Conformément à la

nouvelle version de l'EMEP, depuis 2024, le facteur d'émission PCDD-F du gaz naturel est égal à zéro.

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].

Emissions des 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.

Emissions de 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 et au changement climatique.

Emissions de SO_2

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]. Pour la période 1990 – 2005 et pour le gaz naturel, la moyenne des teneurs en soufre des années 2006 à 2009 est utilisée.

Emissions de NOx

Les émissions sont déterminées, soit à partir des déclarations annuelles des émissions (à partir de 2002) [39], soit au moyen d'un facteur d'émission par défaut issu du guide EMEP [1377] 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_3

Les émissions de NH_3 sont supposées négligeables d'autant qu'il n'y a pas actuellement d'installation munie de dispositif d'épuration des NOx 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 fioul lourd (NAPFUE 203) et pour le gaz naturel (NAPFUE 301).

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Pour les PM, utilisation de l'étude granulométrique (exprimée en pourcentage de TSP) pour déterminer les facteurs d'émission associés. Pour le gaz naturel, toutes les particules sont considérées comme des $PM_{1.}$

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 [1377] et [681].

Les ratios retenus dépendent de l'équipement pour le gaz naturel :

- Chaudière : 2,5%,
- Moteur : 8,6%.

Emissions des 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).

Emissions des dioxines et furanes (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).

Emissions des 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).

Emissions des polychlorobiphényles (PCB)

Pour les combustibles consommés dans les installations de raffinage du gaz, les émissions sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

Emissions de 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).

3.4.3 Incertitudes

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

3.4.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

3.4.5 Recalculs

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 51 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A1

1A1a - Public electricity and heat production	
Données d'activité	Production centralisée d'électricité : pas de recalcul sauf modification mineure (ajout de consommation de biogazole en 2023 en SNAP 010104) Production centralisée de chaleur hors chauffage urbain : mise à jour du bilan énergétique national :

	- Baisse de la consommation naturel (NAPFUE 301) sur 2018-2021 (entre -320 et -850 TJ selon les années) et 2023 (-200 TJ), hausse sur 2022 (+9 800 TJ) ; - Très légère hausse de la consommation de charbon (NAPFUE 102) en 2022, baisse de 3 280 TJ en 2023 (disparition). Production centralisée de chaleur : ajustement à la baisse de consommation de gaz naturel (NAPFUE 301 -140 GJ) d'une GIC en 2017 : impact sur l'ensemble des polluants. Changements à la hausse marginaux en 2020 et 2021. Incinération des déchets avec récupération d'énergie : RAS
NOx	Production centralisée d'électricité : hausse des émissions sur 2017-2023, en lien avec la hausse du FE pour le bois (changement méthodologique)
SOx	Production centralisée d'électricité : Légère baisse sur 2019-2023, en lien avec la requalification de SNAP 010101 à 010105 des consommations de FOD des moteurs de PL501. Mise à jour des FE SO_2 pour FOD pour les émissions hors GIC (Fessenheim, DTPS et sécheurs). Production centralisée de chaleur : ajustement à la marge des FE SO_2 des CMS en 2021 et 2023.
CO	Production centralisée d'électricité : Légère baisse sur 2019-2023, en lien avec la requalification de SNAP 010101 à 010105 des consommations de FOD de moteurs. Production centralisée de chaleur : pour les petites chaufferies biomasse (puissance inférieure à 1 MW), prise en compte d'un FE CO différencié entre plaquettes et granulés.
COVNM	Production centralisée d'électricité : légère hausse des émissions sur 2004-2023, en lien avec la hausse du FE pour le GN selon le guide EMEP/EEA 2023. Production centralisée de chaleur : augmentation de la proportion de chaufferie bois (NAPFUE 111) comprises dans le périmètre du Fonds Chaleur : baisse des émissions de COVNM d'autant plus fortes en 2022-2023.
$PM_{2.5}$	Production centralisée d'électricité : légère variation à la hausse ou baisse des émissions sur 2019-2021, en lien avec certaines modifications du prétraitement des données GIC et des FE TSP pour FOD, FOL et GN selon le guide EMEP/EEA 2023 pour les émissions hors GIC. Production centralisée de chaleur : - baisse du facteur d'émission TSP du gaz naturel (NAPFUE 301) de 0,9 g/GJ à 0,45 g/GJ ; - à partir de 2018, augmentation de la proportion de chaufferie bois (NAPFUE 111) comprises dans le périmètre du Fonds Chaleur : baisse des émissions de particules d'autant plus fortes en 2022-2023 ;
PM_{10}	
TSP	
BC	

	- pour les petites chaufferies biomasse (puissance inférieure à 1 MW), prise en compte d'un FE TSP différencié entre plaquettes et granulés.
NH_3	Production centralisée d'électricité : Légère baisse sur 2019-2023, en lien avec la requalification de SNAP 010101 à 010105 des consommations de FOD de moteurs.
PCDDF, HAP, PCB et HCB	RAS.
1A1b - Petroleum refining	
Données d'activité	Ajouts de consommations marginales pour la période 2019-2023, de gazole et GPL de moteurs (SNAP 010305) déclarés seulement dans le SEQE (et non dans l'E-PRTR). Ajout des consommations du four d'un site pour l'année 2023. Réallocation de consommation de gaz naturel (NAPFUE 301) en autres gaz (NAPFUE 314) pour la chaudière d'un site, sur 2019-2021.
SO_2	Plusieurs corrections d'émissions considérées qui étaient recalculées, ou parfois incorrectes, au lieu de considérer les émissions déclarées par les exploitants → impact global de -1% à +1% donc marginal
NOx	1) <u>EMEP</u> : Changement des FE par défaut provenant d'EMEP 2023 car ils étaient obsolètes et se basaient sur des éditions précédentes (certains sont utilisés juste pour la répartition des émissions entre combustibles, comparées aux données mesurées) : • pour les SNAP 010301/02/06 : fioul lourd de 125 à 142 g/GJ ; fioul domestique de 60 à 65 ; gaz naturel/gaz de raffinerie et autres gaz de 60 à 63 ; GPL de 64 à 63 g/GJ ; • pour la SNAP 010304 : gaz naturel de 153 à 48 g/GJ. Impact : augmentation des NOx pour le four d'un site (010306) de 1990 à 2007 (+ 40-50 t environ), compensée par une énorme baisse sur la SNAP 010304 pour deux sites (environ -350-500 t) de 1990 jusqu'à 2002, puis plus modérée (-20-100 t) de 2003 jusqu'à 2011, due à la baisse du FE du gaz naturel et du gaz de raffinage (-30-45% des émissions de la SNAP) pour leurs turbines à gaz où des facteurs d'émission par défaut sont utilisés → globalement, révisions d'émissions totales entre 0% et -2% jusqu'à 2002, puis entre 0% et -0,5% après 2) <u>Déclarations d'émission</u> : Sur la période 2019-2023, plusieurs corrections d'émissions qui étaient recalculées sur des FE moyens spécifiques ne tenant pas compte de tous les combustibles (donc surestimés), au lieu de considérer directement les émissions déclarées par les exploitants. Impact le plus important pour la turbine à gaz d'un site pour 2019-2020 (baisse d'environ 300-330

	t), sinon l'impact est entre 20 et 60 t pour chaque site → impact sur 2019-2020 de -7% et -10% des émissions du secteur, puis de 3 à 5% pour 2021-2023
CO	Changement des FE par défaut provenant d'EMEP 2023 car ils étaient obsolètes et se basaient sur des éditions précédentes (certains sont utilisés juste pour la répartition des émissions entre combustibles, comparées aux données mesurées) : • pour les SNAP 010301/02/06 : fioul lourd de 15 à 6 g/GJ ; GPL de 37 à 39,3 ; Gaz de raffinerie et autres gaz de 39,3 à 12,1 ; • pour la SNAP 010305 : fioul lourd/fioul domestique de 385 à 130 et gaz naturel/gaz de raffinerie de 270 à 266 g/GJ. Impact : recalcul très important sur le CO, sur toute la série, à la baisse entre 55% et 70%, à cause des consommations importantes de fioul lourd et de gaz de raffinerie principalement
COVNM	Changement des FE par défaut provenant d'EMEP 2023 car ils étaient obsolètes et se basaient sur des éditions précédentes (certains sont utilisés juste pour la répartition des émissions entre combustibles, comparées aux données mesurées) : • pour les SNAP 010301/02/06 : fioul lourd de 3 à 2,3 g/GJ ; fioul domestique de 1,1 à 0,65 ; gaz naturel de 2,6 à 2,58 ; GPL de 4 à 2,58 ; • pour la SNAP 010305 : fioul lourd/fioul domestique de 37 à 37,1 et gaz naturel/gaz de raffinerie de 60 à 89 g/GJ. Impact : recalcul plus modéré et à la baisse pour cette substance (-10-15%), sur les SNAP 010301/02/06, principalement à cause des fiouls lourd et domestique
TSP/PM	Changement des FE par défaut provenant d'EMEP 2023 car ils étaient obsolètes et se basaient sur des éditions précédentes (certains sont utilisés juste pour la répartition des émissions entre combustibles, comparées aux données mesurées) : • pour les SNAP 010301/02/06 : fioul domestique de 6,5 à 6,47 g/GJ ; gaz naturel de 0,9 à 0,14 ; GPL de 0,99 à 0,14 ; gaz de raffinerie et autres gaz de 0,9 à 0,89 ; • pour la SNAP 010304 : fioul domestique de 3 à 1,95 et gaz naturel de 0,9 à 0,2 g/GJ ➔ Impact : recalculs marginaux Prise en compte des émissions des déclarations GEREP pour la turbine à gaz d'un site (bien inférieures aux émissions recalculées) à partir de 2007 et pour la chaudière à gaz d'un autre site à partir de 2019, avec un impact des émissions à la baisse, graduel, et notamment visible sur la période 2017-2023 (entre -7% et -17% du total du secteur)
BC	Changement des FE par défaut provenant d'EMEP 2023 car ils étaient obsolètes et se basaient sur des éditions précédentes (certains sont

	utilisés juste pour la répartition des émissions entre combustibles, comparées aux données mesurées) : • pour la SNAP 010301 : fioul domestique de 5,6 à 33,5%, gaz de raffinerie de 2,5 à 18,4% ; • pour la SNAP 010302 : GPL de 5,6 à 2,5% et gaz de raffinerie de 2,5 à 18,4%, gaz de hauts-fourneaux de 5,6 à 18,4% ; • pour la SNAP 010304 : fioul domestique / fioul lourd/autres produits pétroliers de 5,6 à 33,5%, GN de 8,6 à 2,5% ; • pour la SNAP 010306 : fioul domestique de 5,6 à 33,5% ; gaz naturel/GPL de 8,6 à 4%, et gaz de raffinerie et autres gaz de 8,6 à 18,4% Impact : recalcul fortement à la hausse à cause du gaz de raffinerie surtout, et du fioul domestique également, dans une moindre mesure : +3% en début de série temporelle, jusqu'à +46% en 2023, et de façon progressive au cours de la série
Autres substances	Révisions seulement selon les changements de données d'activité, aucun changement de méthodologie ou de FE
1A1c - Manufacture of solid fuels and other energy industries	
	Pas de recalculs pour raffinage de gaz

3.4.6 Améliorations envisagées

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

3.5 Combustion dans l'industrie manufacturière et la construction (NFR 1A2)

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 hexagone est en baisse entre 1990 et 2024 (-22%), 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 (+6,5% 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 (-6,0% comparé à 2021) et 2023 (-6,4% comparé à 2022). Après avoir atteint en 2023 son niveau le plus bas de toute la série temporelle, un nouveau regain des consommations d'énergie finale de l'industrie est observé en 2024, avec une augmentation de 3,7% comparé à 2023.

La structure énergétique montre une tendance à un recours plus important au gaz naturel (43% du mix énergétique en 1990 contre 48% en 2024) et à la biomasse (7% du mix énergétique en 1990 contre 26% en 2024) au détriment des combustibles liquides et solides (respectivement -58% et -83% entre 1990 et 2024). 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 », passant de 10% en 1990 à 25% en 2024. 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,
- la forte diminution de la part du fioul lourd dans les combustibles « liquides », passant de 48 % en 1990 à 5 % en 2024, qui s'est fait substituer partiellement par le diesel, le GPL (butane, propane) et le gaz de raffinerie notamment,
- 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].

3.5.1 Caractéristiques de la catégorie

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.

3.5.1.1 Métallurgie des métaux ferreux (fonte grise et acier) (NFR 1A2a)

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 1A2a est source clé :

Tableau 52 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2a est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO_2	1	17.1%	-	-
CO	4	8.6%	3	9.6%
Pb	3	13.0%	-	-
Cd	6	6.5%	5	6.5%
Hg	8	3.8%	-	-
As	6	5.5%	6	5.5%
Cr	5	4.6%	-	-
Cu	-	-	3	12.9%
Ni	9	5.1%	-	-
Se	-	-	3	12.4%
PCDD/F	-	-	3	19.8%
PCB	4	5.8%	-	-

Dans ce secteur, plusieurs activités de production utilisant des fours sont considérées individuellement et sont décrites ci-après.

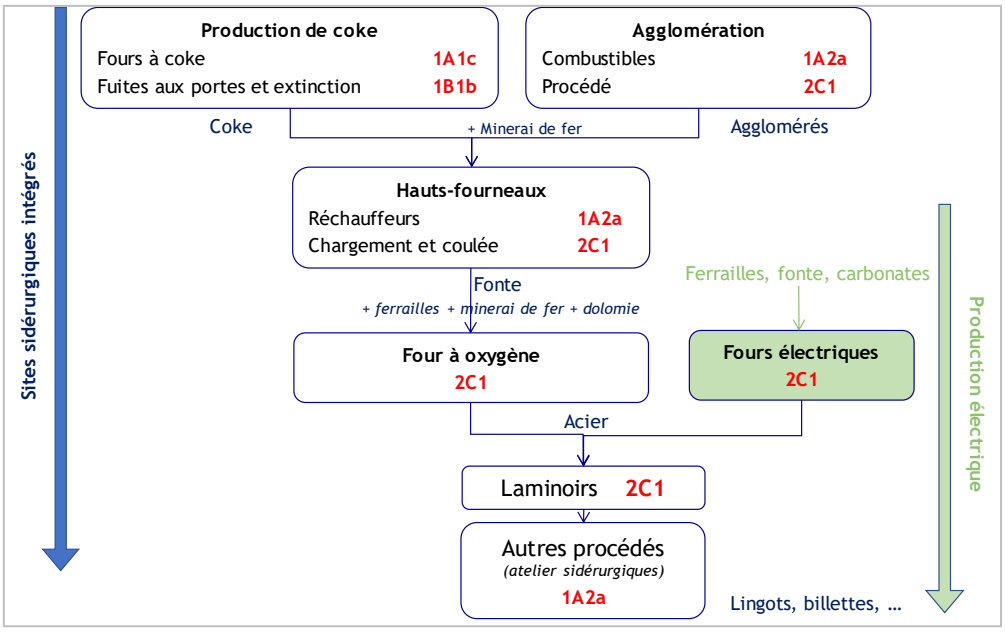
- **Sidérurgie** *(iron and steel production)*

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 laminoirs) sont traitées dans la section « 2C1 - iron steel » (émissions non liées à la

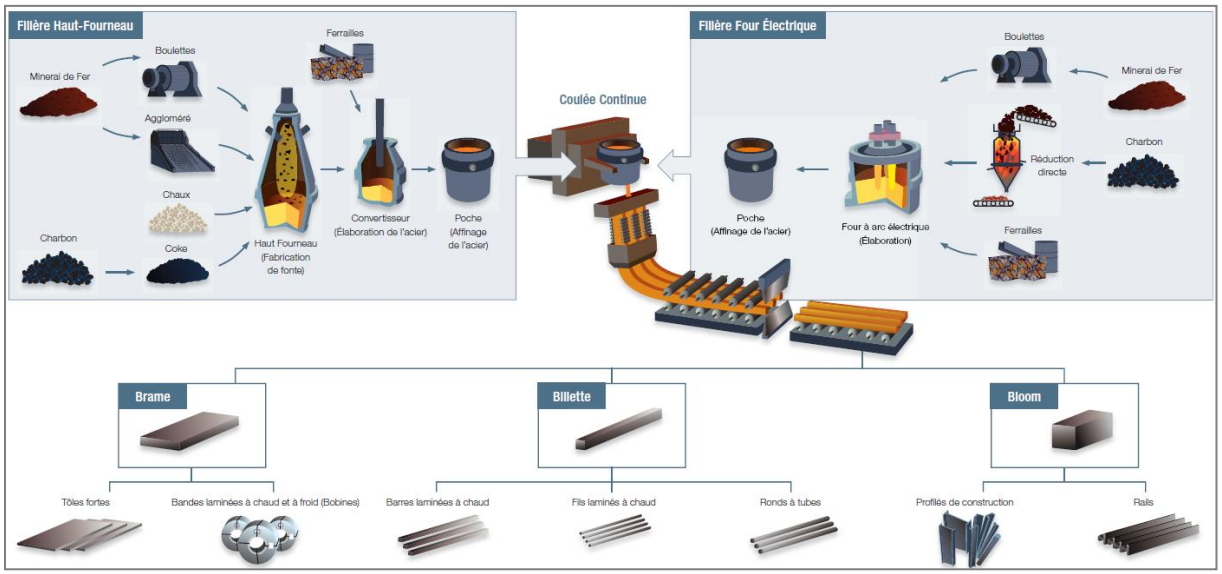
combustion). Les installations de combustion connexes nécessaires à l'activité sidérurgique sont traitées dans les sections générales énergie.



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.

Figure 53 : Représentation schématique des processus de production d'acier, selon les filières haut-fourneau et four électrique



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 énergétique du procédé, tandis que la partie relative à la combustion est traitée dans la section « 1A2a - iron steel ».

L'élaboration des aciers conduit à des traitements particuliers effectués soit dans les usines sidérurgiques intégrées, soit dans des usines distinctes, à partir de fonte, d'ajouts de diverses substances et dans des conditions de fonctionnement particulières (température, atmosphère, etc.). Différents procédés sont utilisés pour **fabriquer l'acier** : les **fours à oxygène**, dans lesquels de l'oxygène est injecté, et les **fours électriques**. Ces émissions de procédés sont traitées dans la section « 2C1 - iron and 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 et de poussières. Les émissions liées aux usages énergétiques de combustible de ces opérations sont traitées dans la présente section. En revanche, les méthodes d'estimation émissions liées aux procédés, aussi appelées émissions diffuses pour ces activités, sont présentées dans la section 2C1_sidérurgie.

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 ou chaîne d'agglomération par exemple) sans posséder toute la chaîne de production d'acier.

Trois 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.

- **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 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.

3.5.1.2 Métallurgie des métaux non ferreux (cuivre, magnésium, plomb et zinc, aluminium secondaire) (NFR 1A2b)

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 53 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2b est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Cd	5	6.6%	4	13.0%
Hg	-	-	5	8.8%
As	-	-	4	12.6%
Zn	-	-	2	12.6%
HCB	-	-	1	68.9%

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 1ère 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_2S),
    - 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, laiton, 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 suivie par 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 -> 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 1ère 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'écrémage, laitiers salés, etc.), par l'industrie de 2nde 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.

3.5.1.3 Industrie chimique (NFR 1A2c)

Le secteur de la chimie (1A2c) est une catégorie clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 54 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2c est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO_2	6	5.4%	-	-
Hg	7	5.4%	-	-
Ni	-	-	4	8.5%

Cette section se rapporte à trois types de procédés :

a) Combustion de certains combustibles dans 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 (CnH2n+2) 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 hexagone.

b) Combustion de gaz naturel dans les fours 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 CO2) liées à cette consommation énergétique qui sont considérées dans cette section, celles liées à la consommation non-énergétique étant considérées en 2B1_ammoniac. De plus, les consommations énergétiques de gaz naturel des chaudières d'appoint des sites de production d'ammoniac sont considérées dans la partie générique 1A2_Industrie manufacturière (combustion).

Il y avait, en France, sept sites de production en activité en 1990. Depuis 2009, il restait quatre sites en activité suite à la fermeture de deux sites courant 2001 et un autre courant 2009. En 2023, un des quatre fours d'ammoniac restants a été mis à l'arrêt, sa fermeture restant à être confirmée. Ces divers changements justifient la baisse de l'activité observée.

c) Combustion de gaz naturel dans les fours de fabrication d'acide cyanhydrique

La synthèse de l'acide cyanhydrique est réalisée par réaction entre le gaz naturel et l'ammoniac à température élevée (>1000°C). Une partie de la consommation de gaz naturel des fours est utilisé en tant que combustible pour apporter de la chaleur au procédé. Ce sont les émissions liées à cette consommation énergétique qui sont considérées dans cette section, celles liées à la consommation non-énergétique étant considérées en 2B10_autres productions de la chimie organique.

Il y a deux sites producteurs de cette substance en France et situés en hexagone.

3.5.1.4 Industrie papetière (NFR 1A2d)

Le secteur de l'industrie papetière (1A2d) est une catégorie clé en termes de niveaux d'émission pour les substances suivantes :

Tableau 55 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2d est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
As	5	6.5%	-	-

Dans ce secteur, il n'y a pas d'activité de production utilisant des fours, considérée individuellement.

3.5.1.5 Agro-alimentaire (NFR 1A2e)

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 56 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2e est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Ni	-	-	5	8.1%

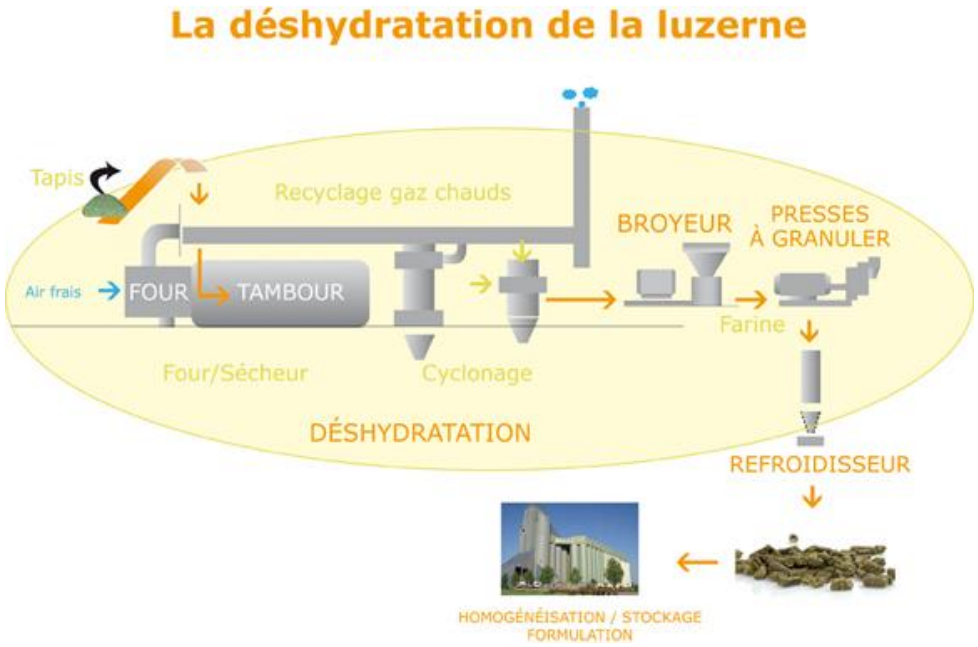
Dans ce secteur, l'activité de production de fourrages, utilisant des fours, est considérée et décrite ci-après.

- 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.



Source : www.luzernes.org

Figure 54 : Processus de déshydratation de la luzerne

Les sites de production de fourrage vert n'existent qu'en France hexagonale. Ils sont au nombre de 24 en 2024.

3.5.1.6 Minéraux non métalliques (ciment, émail, céramique, verre, chaux, plâtre, tuiles et briques) (NFR 1A2f)

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 57 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2f est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	5	3.8%	5	5.7%
SO_2	2	16.8%	-	-
$PM_{2,5}$	-	-	5	3.0%
Pb	6	4.4%	-	-
Cd	1	24.9%	-	-
Hg	1	21.0%	3	12.1%
As	4	7.6%	1	25.8%
Cr	6	4.5%	-	-
Ni	7	5.6%	-	-
Se	1	58.6%	1	26.6%
PCB	3	6.2%	-	-

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 désaérage (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 1 100°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, six 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 gobeleterie 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 neuf 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 quatre sites en activité.
- la production de fibre minérale (laine de roche) (SNAP 030318), uniquement quatre sites en activité.

Tous les sites de production de verre sont localisés en France hexagonale.

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. À partir de 2016, seules les déclarations individuelles des industriels sont utilisées pour déterminer les niveaux de production [19].

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. Depuis 2016, les données sont communiquées directement par la Fédération des Industries du Verre [240]. En 2024, ces données n'ont pas été communiquées par la Fédération des Industries du Verre. Les déclarations individuelles des industriels ont donc été utilisées afin de déterminer les niveaux de production [19].

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. Depuis 2016, les données sont communiquées directement par la Fédération des Industries du Verre [240]. En 2023 et 2024, ces données n'ont pas été communiquées par la Fédération des Industries du Verre. Les déclarations individuelles des industriels ont donc été utilisées afin de déterminer les niveaux de production [19].

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. Depuis 2016, les données sont communiquées directement par la Fédération des Industries du Verre [240]. En 2024, ces données n'ont pas été communiquées par la Fédération des Industries du Verre. La méthode utilisée en 2014 et 2015 est donc appliquée.

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 1 550 °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_2 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 $Ca(SO_4)_2H_2O$. 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 ». En revanche, 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).

3.5.1.7 Autres (enrobés routiers, autres fours) (NFR 1A2gvii & 1A2gviii)

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 58 : Polluants pour lesquels le secteur 1A2g est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	6	3.8%	3	9.0%
SO_2	8	5.0%	2	21.8%
Pb	5	4.7%	-	-
As	3	8.1%	-	-
Cr	3	6.9%	-	-
Se	3	5.3%	6	4.0%

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 6% et 8,5% de la production d'enrobés routiers.

Les émissions déterminées dans cette section sont celles provenant de l'utilisation de combustibles pour alimenter les fours (sécheurs).

3.5.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/.

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 les 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.

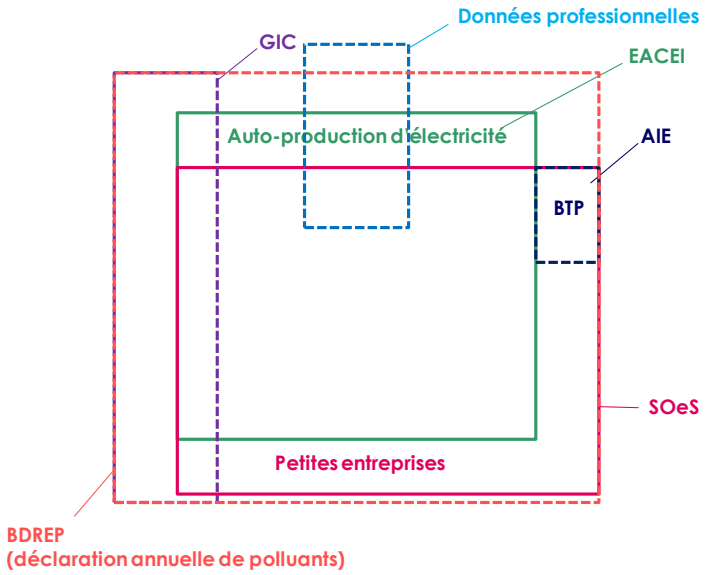


Figure 55 : Périmètres des sources relatives aux bilans énergétiques

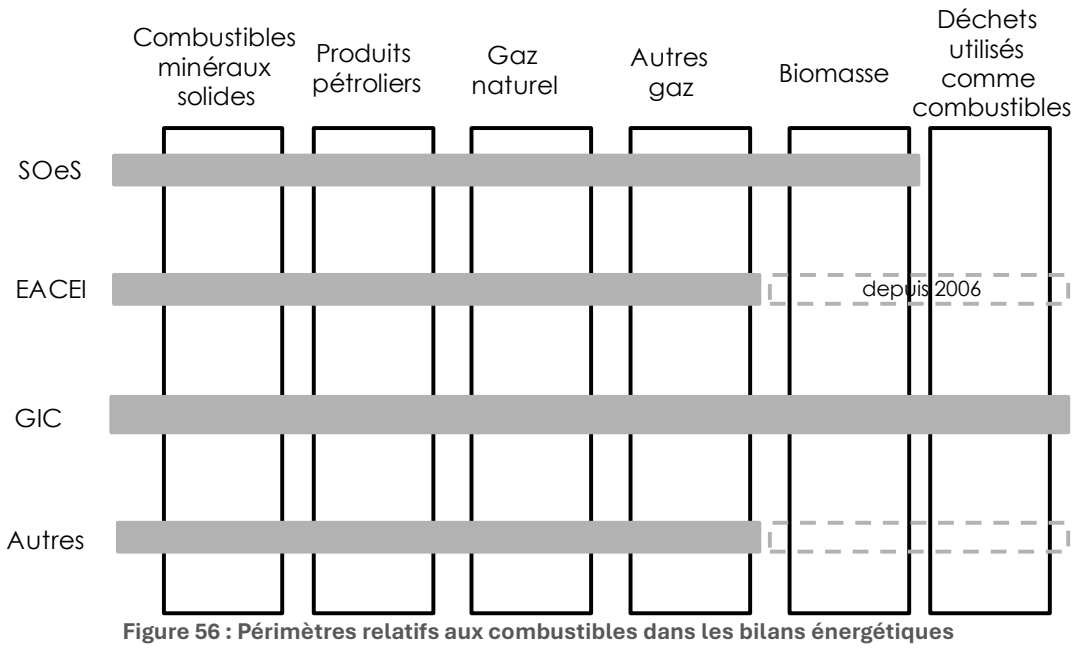


Figure 56 : Périmètres relatifs aux combustibles dans les bilans énergétiques

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 CRT et le NFR.

Le système d'inventaire retient huit sous-secteurs dont deux constituent après agrégation le sous-secteur « autres industries » du CRT / NFR.

Les définitions de ces sous-secteurs figurent dans le tableau ci-après :

SELON LE REFERENTIEL NAF rév.2 (version 2008)

Tableau 59 : Correspondance entre les référentiels CCNUCC, CEE-NU et SNIEBA

Référentiel CCNUCC / CRT 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[9]	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

[9] y compris Imprimerie.

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,
- 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[10] (SNAP 0303xx) qui servent de données d'activité.

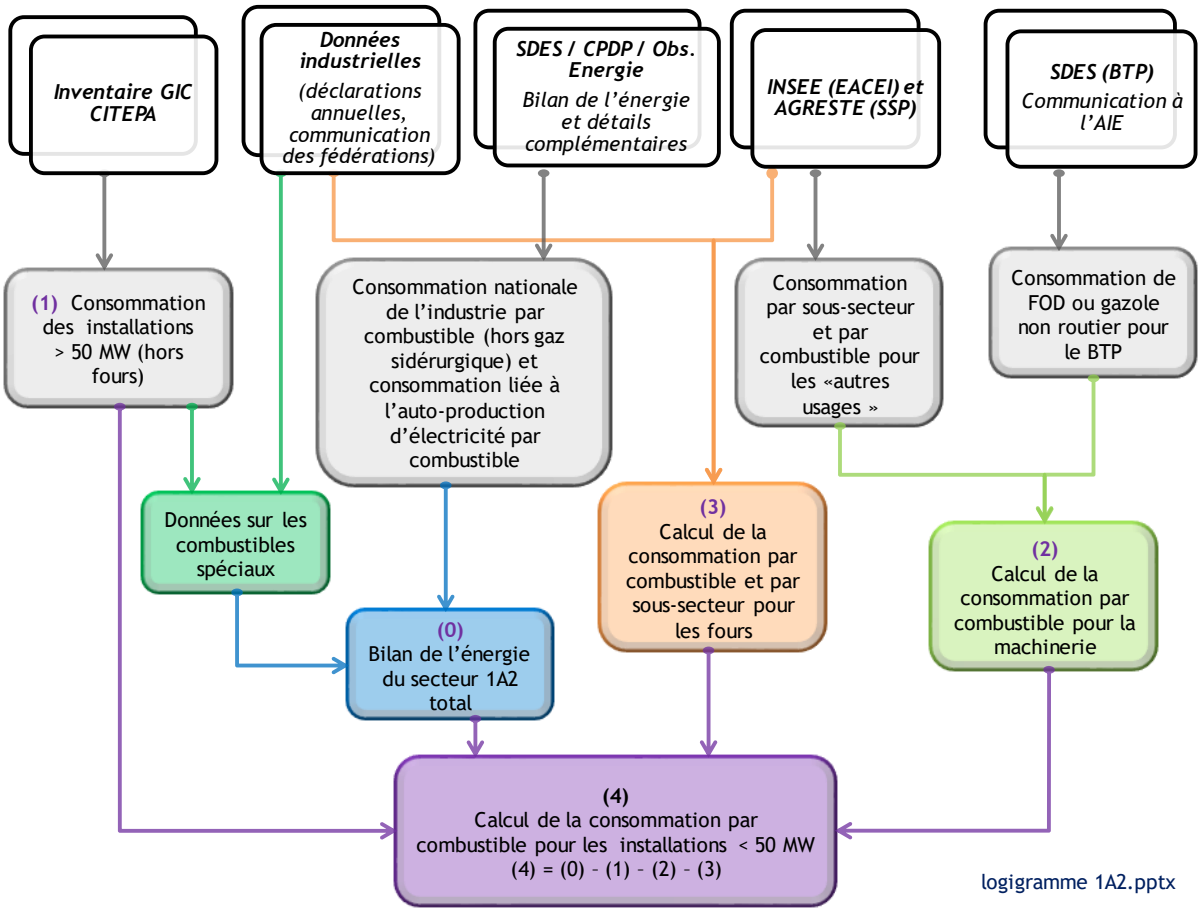


Figure 57 : Logigramme du processus d'estimation des consommations d'énergie de l'industrie manufacturière en France

[10] 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.

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).

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 (CO2, SO2, 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_2, NOx 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 NOx et TSP, un cas particulier reste néanmoins à souligner pour la combustion du bois dans des installations inférieures à 50 MW. Pour les NOx, 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_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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, la granulométrie utilisée pour les facteurs d'émission de PM10 et PM2,5 est celle présentée dans la section générale énergie : 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 $PM_{2,5}$. Ce ratio provient des références [936, 1273].

Les ratios retenus pour les chaudières dépendent de la puissance de l'équipement :

Chaudières > 50 MW [936] :

- 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 [1273] :

- 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.

Emissions des 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.

Emissions des 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. A noter que le GN, et par conséquent le GPL et le biométhane qui y sont associés, sont considérés non émetteurs de PCDD-F [1303].

Emissions des 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. A noter que le GN, et par conséquent le GPL et le biométhane qui y sont associés, sont considérés non émetteurs de HAP [1303].

Emissions des 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).

Emissions de 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_2

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 NOx, 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 60 : Facteurs d'émission pour les NOx 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 61 : 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 62 : 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_3

Les émissions de NH_3 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 facteurs d'émission 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 63 : Facteurs d'émission pour les TSP par gramme 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 µm sont supposées être également en totalité inférieures à 1,0 µm 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.

Emissions des 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).

Emissions des Dioxines et furanes (PCDD-F)

Les émissions de dioxines/furanes sont déterminées au moyen de facteurs d'émission provenant d'une étude de l'UNEP [748].

Emissions des 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.

Emissions des Polychlorobiphényles (PCB)

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de PCB n'est attendue.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Du fait des combustibles utilisés, aucune émission de HCB n'est attendue.

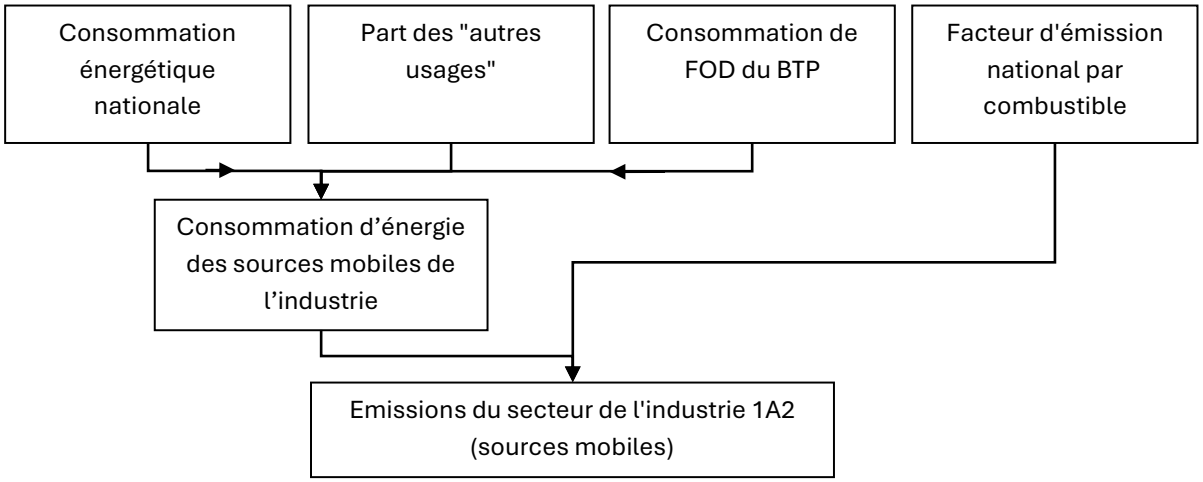


Figure 58 : Logigramme du processus d'estimation des émissions, pour l'industrie manufacturière et la construction

3.5.2.1 Métallurgie des métaux ferreux (fonte grise et acier) (NFR 1A2a)

- **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 et du type de combustible utilisé.

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 à émissions liées au procédé 2C1) 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 1A2a). En découlent 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 (cela peut être aussi dans les fours à coke, en 1A1c). 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 (fuites ou torchage) 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 les ateliers : agglomération, hauts-fourneaux, et 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_2

- Agglomération de minerai

Les émissions de SO2 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_2 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 NOx

- Agglomération de minerai

Les émissions de NOx 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 NOx 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_3

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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

- Agglomération de minerai

La granulométrie provient d'une campagne de mesures menée par la fédération professionnelle [27]. Elle est estimée à 100% pour les PM10, 84% pour les PM2.5 et 66% pour les PM1.0 en 1990, et à 100% pour les PM10, 90% pour les PM2.5 et PM1.0 en 2010. La granulométrie est extrapolée entre ces deux dates, et considérée constante après 2010.

- 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 PM2,5. 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 PM2,5 par type de combustible. Ces ratios proviennent du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [768], [1081].

Pour les gaz résiduels des ateliers sidérurgiques (gaz de haut-fourneau, de cokerie et d'aciérie), le ratio de 4% donné par le Guidebook EMEP/EEA [1081] pour les combustibles gazeux est utilisé, faute de données plus précises.

Emissions des 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'émission des métaux lourds pour le gaz naturel sont appliqués aux gaz sidérurgiques (gaz de cokerie, gaz de haut-fourneau, gaz d'aciérie).

Emissions des Dioxines et furanes (PCDD-F)

- Agglomération de minerai

Les émissions de dioxines et furanes 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).

Emissions des 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).

Emissions des 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).

Emissions de 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_2. Les polluants associés à la combustion sont également émis : NOx, COVNM, CH_4, CO, CO_2, 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_2

Les émissions de SO_2 sont estimées depuis les consommations de combustibles déclarées par les sites producteurs. En effet, le Guidebook EMEP 2023 indique dans la partie « 2.C.1 Iron and steel production » que les émissions de NOx, SOx et CO liées à la fabrication de fonte sont considérées comme émanent quasi-exclusivement de la combustion des combustibles.

Les facteurs d'émission par combustible sur la série 1980-2024 sont issus des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie).

Emissions de NOx

Le facteur d'émission moyen retenu pour les NOx 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_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Pour les PM_{10}, la même méthodologie que pour les TSP est appliquée. Le facteur d'émission des PM10 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 $PM_{2,5}$, la granulométrie est la même que pour les PM_{10} [66].

Pour les $PM_{1,0}$, 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_{10} et $PM_{2,5}$ 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 [1301]. La valeur retenue est assimilée à celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire.

Emissions des 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.

Emissions des 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].

3.5.2.2 Métallurgie des métaux non ferreux (cuivre, magnésium, plomb et zinc, aluminium secondaire) (NFR 1A2b)

- **Production de cuivre**

Les niveaux d'activité correspondent aux productions de cuivre de 1ère et de 2nde 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_2 et NOx

Les émissions de SO_2 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 2023 [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 2023 [1086] pour la production de cuivre de seconde fusion.

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 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 2023[1085] faute de données spécifiques dans la partie combustion.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2,5}$ sont déterminées à partir de facteurs d'émission provenant de la section Procédé du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1086] faute de données spécifiques dans la partie combustion.

Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les PM1,0 est supposé identique à celui des $PM_{2,5}$.

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 2023 [1079]. La valeur retenue pour la production de cuivre primaire et secondaire est issue du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1085].

Emissions des 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 2023 [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 ne 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].

Emissions des 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].

Emissions des 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 NOx

Pour la première fusion, les facteurs d'émission de SO_2 et NOx 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 2023.

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 2023 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de combustion sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2023 (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.

A noter que depuis l'édition 2024, à partir des déclarations de consommation de gaz naturel (NAPFUE 301), nous appliquons sur toute la série historique (notamment à partir

de 2012) le taux de biométhane afin de différencier les émissions de ces deux combustibles.

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 sont ne sont pas comptabilisées pour cette activité mais dans la section relative à la production d'acide sulfurique (2B10).

Les facteurs d'émission sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites concernés.

Emissions de NOx

Les émissions de NOx 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 NOx 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_3

Les émissions de NH_3 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 à la suite de la fermeture d'un site et du fait des efforts de réduction des industriels.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2.5}$ sont déterminées sur la base d'une granulométrie provenant de la littérature [227]. 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 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 $PM_{2,5}$, ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

Emissions de 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 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 SNIEBA : 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].

Emissions des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les émissions de HAP sont considérées négligeables.

Emissions des Polychlorobiphényles (PCB)

Plomb de première fusion

Les émissions de PCB sont estimées à partir d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1078].

Zinc de première fusion

Les émissions de PCB sont estimées à partir d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1080].

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de HCB sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2023 (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].

A noter que depuis l'édition 2024, à partir des déclarations de consommation de gaz naturel (NAPFUE 301), nous appliquons sur toute la série historique (notamment à partir de 2012) le taux de biométhane afin de différencier les émissions de ces deux combustibles.

Emissions de SO_2, NOx 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 NOx (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 2023 ;
- des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie) pour le SO2. 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_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$ et $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$ et $PM_{1,0}$ 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 $PM_{2,5}$, ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

Emissions de Métaux lourds (ML)

La production de plomb de seconde fusion émet plusieurs des métaux lourds inventoriés dans le SNIEBA : 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].

Emissions de 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.

Emissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les émissions de HAP sont considérées négligeables.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Plomb de seconde fusion

Les émissions de PCB sont estimées à partir d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1078].

Zinc de seconde fusion

Les émissions de PCB sont estimées à partir d'un facteur d'émission tiré du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1080].

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de HCB sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2023 (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_2

Les émissions de SO_2 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 NOx et COVNM

Les émissions de NOx 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_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Le facteur d'émission des PM_{10} est tiré de la littérature pour l'année 1990 [68]. Le ratio PM10/TSP est ensuite appliqué au facteur d'émission des TSP pour les années suivantes.

Pour les $PM_{2,5}$, la littérature [163] fournit un pourcentage $PM_{2,5}/PM_{10}$.

La part des $PM_{1,0}$ 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 2023 [1301]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

Emissions de 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.

Emissions de 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.

Emissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Il n'y a pas d'émission de HAP attendue lors de la seconde fusion de l'aluminium.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Il n'y a pas d'émission de PCB attendue lors de la seconde fusion de l'aluminium.

Emissions de 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 2023 (tables 3.1 à 3.5) [1302].

3.5.2.3 Industrie chimique (NFR 1A2c)

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.

a. Combustion de certains combustibles dans les fours de vapocraquage :

Emissions de SO_2

Les émissions de SO_2 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 NOx

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_3

Les émissions de NH_3 sont supposées négligeables.

Emissions de poussières totales en suspension (TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$)

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_{10}, $PM_{2,5}$ et $PM_{1,0}$ 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 $PM_{2,5}$.

Les ratios retenus dépendent du type de combustible :

5,6% pour les combustibles liquides [768],

4% pour le gaz naturel [1232].

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.

b. <u>Combustion de gaz naturel dans les fours d'ammoniac :</u>

Emissions de SO_2, NOx, COVNM et CO

Les émissions de SO_2, NOx, COVNM et CO sont déterminées à partir des facteurs d'émission du gaz naturel de la section générale énergie.

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 de la combustion de gaz naturel sont supposées négligeables.

Emissions de poussières totales en suspension (TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$)

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, la granulométrie pour les facteurs d'émission de PM_{10} et $PM_{2,5}$ est celle présentée dans la section générale énergie : 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 $PM_{2,5}$. 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.

c. Combustion de gaz naturel dans les fours de fabrication d'acide cyanhydrique

Emissions de SO2, NOx, COVNM, CO, TSP, PM_{10} et $PM_{2,5}$

Les émissions de SO_2, NOx, COVNM, CO et TSP sont déterminées à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Les émissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$ sont déterminées à l'aide de ratios granulométriques (cf. section générale énergie).

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 liées à la combustion sont supposées négligeables.

3.5.2.4 Industrie papetière (NFR 1A2d)

Voir section générale de l'industrie manufacturière.

3.5.2.5 Agro-alimentaire (NFR 1A2e)

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_2

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 déshydratation/LRD ont développé une méthode d'estimation des émissions de SOx faisant intervenir un facteur d'émission commun à tous les combustibles, affecté d'un facteur d'absorption (FA) spécifique au produit déshydraté [777].

Sur l'ensemble de la période, les émissions de SO_2 sont donc estimées en multipliant la consommation par combustible et par produit par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible et par le facteur d'absorption (FA) spécifique au produit.

Les facteurs d'émission de chaque combustible sont décrit dans la section générale énergie.

Pour chaque combustible :

Emissions $SO_{2,\ produit}$ (t) = consommation $combustible_{produit}$ (GJ) x facteur d'émission national SO_2 (g/GJ) x $FA_{produit}$ (%)

Afin de répartir les consommations de combustibles par type de produit, les pourcentages retenus sont calculés sur les données de production de la fédération [776] :

Consommation $combustible_{produit}$ (GJ) = Consommation $combustible_{totale}$ (GJ) x $Production_{produit}$ (t) / $Production_{totale}$ (t)

Emissions de NOx

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 NOx faisant intervenir un facteur d'émission commun à tous les combustibles, affecté d'un facteur d'absorption (FA) spécifique au produit déshydraté [777].

Sur l'ensemble de la période, les émissions de NOx sont donc estimées en multipliant la consommation par combustible et par produit par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible et par le facteur d'absorption (FA) spécifique au produit.

Les facteurs d'émission de chaque combustible sont décrits dans la section générale énergie. Pour la biomasse, le facteur d'émission provient de la référence [67].

Pour chaque combustible :

Emissions NOx $(t)_{produit}$ = consommation combustible $(GJ)_{produit}$ x facteur d'émission national NOx (g/GJ) x $FA_{produit}$ (%)

Afin de répartir les consommations de combustibles par type de produit, les pourcentages retenus sont calculés sur les données de production de la fédération [776] :

Consommation $combustible_{produit}$ (GJ) = Consommation $combustible_{totale}$ (GJ) x $Production_{produit}$ (t) / $Production_{totale}$ (t)

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_3

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_3 est faible, sauf pour la biomasse.

A partir de 2021, et sur l'ensemble de la période, les émissions de NH_3 sont estimées pour la biomasse en multipliant la consommation du combustible par le facteur d'émission par défaut issu du guide EMEP/EEA 2023 [1341].

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/m3.

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/m3 [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/m3. En 2015 (émission retenue correspond aux émissions déclarées par les industriels [19]), le niveau respecté est de 150 mg/m3, 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]. Un facteur d'émission moyen (calculé annuellement à partir des données des sites déclarants) est appliqué aux sites non soumis à obligation de déclaration.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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 :

Tableau 64 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production de produits de fourrage vert déshydraté (combustion)

tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM_{10}	26
$PM_{2,5}$	6
$PM_{1,0}$	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.

Emissions de 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).

Emissions de 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).

Emissions d'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).

Emissions de 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).

Emissions de 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).

3.5.2.6 Minéraux non métalliques (ciment, émail, céramique, verre, chaux, plâtre, tuiles et briques) (NFR 1A2f)

- **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_2

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_2 des installations sont donc déterminées par mesure directe [19].

La méthodologie de calcul des émissions de SO_2 pour le secteur des cimenteries est la suivante :

Depuis 1994, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO2 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 2023 [1303].

- Avant 2002, le facteur d'émission utilisé correspond à celui déterminé pour l'année 2002.

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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 :

Tableau 65 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production de ciment (combustion)

Tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM_{10}	90
$PM_{2,5}$	70
$PM_{1,0}$	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 $PM_{2,5}$. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de PM2,5 [1064].

Emissions de 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.

Emissions de 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.

Emissions d'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.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Les émissions sont déterminées à partir d'un facteur d'émission des PCB identique pour toutes les années [1305].

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions sont déterminées à partir d'un facteur d'émission des HCB identique pour toutes les années [1305].

- ***Production d'émail***

Emissions de SO_2

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO2 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 NOx

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de NOx 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 NOx 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_3

Compte tenu des déclarations annuelles [19], il n'est pas attendu d'émission significative de NH3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

A partir de quelques résultats de mesure [19], un ratio pour les PM_{10}, 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) [1232] le facteur d'émission des $PM_{2,5}$ est le même que celui des PM_{10} 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 $PM_{1,0}$ est le même que celui des $PM_{2,5}$.

Tableau 66 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production d'émail (combustion)

Tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM_{10}	46
$PM_{2,5}$	46
$PM_{1,0}$	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 $PM_{2,5}$. Les émissions de BC représentent 4% des émissions de PM2,5. Cette valeur est fournie dans le Guidebook EMEP 2023 [1232].

Emissions de 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'émail. 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'émail 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).

Emissions de Dioxines et furannes (PCDD-F)

Un facteur d'émission national a été déterminé à partir des quelques résultats de mesure disponibles [19].

Emissions d'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).

- **<u>Production de céramiques fines</u>**

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_2

Les émissions de SO_2 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_2 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_2, 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 NOx

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 NOx 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 NOx, 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_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2,5}$ sont calculées en utilisant des ratios exprimés par rapport aux particules totales [183].

Les émissions de $PM_{1,0}$ sont estimées en faisant l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que celui des $PM_{2,5}$.

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 $PM_{2,5}$ ou PM_{10}. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de $PM_{2,5}$. 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].

Emissions de 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.

Emissions de 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.

Emissions d'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.

Emissions de 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.

Emissions de 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].

A noter que depuis l'édition 2024, à partir des déclarations de consommation de gaz naturel (NAFUE 301), nous appliquons sur toute la série historique (notamment à partir

de 2012) le taux de biométhane afin de différencier les émissions de ces deux combustibles.

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_2

Les émissions de SO_2 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_2 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_2, 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 NOx

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 NOx 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 NOx, 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_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2,5}$ sont calculées en utilisant des ratios exprimés par rapport aux particules totales [183].

Les émissions de $PM_{1,0}$ sont déterminées en faisant l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que pour les $PM_{2,5}$.

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 $PM_{2,5}$. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de $PM_{2,5}$. 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 2023 [1064].

Emissions de 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.

Emissions de 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.

Emissions d'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.

Emissions de 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.

Emissions de 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_2

Les émissions de SO_2 des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, peuvent être déterminées par bilan matière ou par mesure [19].

Tableau 67 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de SO2 relatives à la production de verre.

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 NOx

Les émissions déclarées de NOx 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 SO2 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.

Tableau 68 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de COVNM relatives à la production de verre.

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 (NFR 2D3).
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.

Tableau 69 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de CO relatives à la production de verre.

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_3

Les émissions de NH_3 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.

Tableau 70 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de TSP relatives à la production de verre.

Code SNAP	030314	030315	030316	030317	030318
Type de verre produit	Verre plat	Verre creux	Fibre de verre	Verre technique	Laine de roche
Méthodologie	A partir de 2000 : M1 En 1991, 1992 et de 1994 à 1999 : M6 En 1990 et 1993 : M2	A partir de 2002 : M1 En 1991, 1992, 1994 et de 1998 à 2001 : M6 En 1990, 1993, et de 1995 à 1997 : M2	A partir de 2000 : M1 En 1991, 1992, 1994, 1998 et 1999 : M6 En 1990, 1993 et de 1995 à 1997 : M2	Idem verre creux	A partir de 2001 : M1 En 1991, 1992, 1994, 1998 et entre 1998 et 2000 : M6 En 1990, 1993 et de 1995 à 1997 : M2

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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_{10}, $PM_{2,5}$ et $PM_{1,0}$ 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_{10} différentes des émissions de TSP. Les mêmes facteurs d'émission que ceux relatifs aux PM_{10} sont appliqués aux $PM_{2,5}$ et $PM_{1,0}$ faute d'information plus précise.

Emissions de Black Carbon/Carbone suie (BC)

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de $PM_{2,5}$ (cf. tableau ci-dessous).

Tableau 71 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de BC relatives à la production de verre.

Code SNAP	% BC par rapport aux PM2,5	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 annuel 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

Tableau 72 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions d'arsenic relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	Avant 2003 : M2 Entre 2003 et 2008 : M1 A partir de 2009 : M7 (report du facteur d'émission (FE) de 2007)
030315	Verre creux	Avant 2003 : M3 (report FE 2003) A partir de 2003 : M1
030316	Fibre de verre	Avant 2003 : M3 (report FE 2003) 2003, 2004 : M7 (report FE 2005) 2005, 2006 : M1 2007, 2008 : M7 (report FE 2006) A partir de 2009 : M1
030317	Verre technique	Avant 2004 : M3 (report FE 2004) A partir de 2004 : M4

030318	Laine de roche	M5

Cadmium

Tableau 73 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de cadmium relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	Avant 2003 : M2 Entre 2003 et 2009 : M1 A partir de 2010 : M7 (report FE 2009)
030315	Verre creux	Avant 2003 : M3 (report FE 2003) A partir de 2003 : M1
030316	Fibre de verre	Avant 2003 : M3 (report FE 2003) Entre 2003 et 2009 : M1 A partir de 2010 : M7 (report FE 2009)
030317	Verre technique	Avant 2004 : M3 (report FE 2004) A partir de 2004 : M4
030318	Laine de roche	M5

Chrome

Tableau 74 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de chrome relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	Avant 1999 : M2 Entre 1999 et 2003 : M6 A partir de 2003 : M1
030315	Verre creux	Avant 2003 : M3 (report FE 2003) A partir de 2003 : M1
030316	Fibre de verre	Avant 2003 : M3 (report FE 2003) A partir de 2003 : M7 (utilisation du facteur d'émission de 2008 à partir des déclarations)
030317	Verre technique	Avant 2004 : M3 (report FE 2004) A partir de 2004 : M4
030318	Laine de roche	M5

Cuivre

Tableau 75 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de cuivre relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	Avant 2003 : M2 A partir de 2003 : M1
030315	Verre creux	Avant 2004 : M2 2004 : M7 (report FE 2005) A partir de 2005 : M1
030316	Fibre de verre	Avant 2004 : M3 (report du facteur d'émission national de 2004) 2004 : M7 (report FE 2005) 2005 et 2006 : M1 A partir de 2007 : M7 (report FE 2006)
030317	Verre technique	M2
030318	Laine de roche	M5

Mercure

Tableau 76 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de mercure relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	Avant 1999 : M2 Entre 1999 et 2003 : M6 Entre 2003 et 2014 : M1 A partir de 2015 : M7 (report FE 2014)
030315	Verre creux	Avant 2003 : M2 Entre 2003 et 2009 : M1 A partir de 2011 : M7 (report FE 2010)
030316	Fibre de verre	Avant 2003 : M3 (report FE 2003) Entre 2003 et 2009 : M1 2010 et 2011 : M7 (report FE 2009) 2012 : M1 A partir de 2013 : M7 (report FE 2012)
030317	Verre technique	Avant 2004 : M3 (report FE 2004) A partir de 2004 : M4
030318	Laine de roche	M5

Nickel

Tableau 77 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de nickel relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	Avant 1999 : M2 Entre 1999 et 2003 : M6 (entre 1999 et 2003) Entre 2003 et 2006 : M1 2007 et 2008: M7 (report FE 2006) Entre 2009 et 2015 : M1 Entre 2016 et 2021 : M7 (report FE 2008) A partir de 2022 : M1
030315	Verre creux	Avant 2003 : M3 (report FE 2003) Entre 2003 et 2010 : M1 Entre 2011 et 2022 : M7 (report FE 2010) A partir de 2023 : M1
030316	Fibre de verre	Avant 2004 : M7 (report FE 2004) Entre 2004 et 2008 : M7 (report FE 2009) 2009 et 2010 : M1 A partir de 2011 : M7 (report FE 2010)
030317	Verre technique	Avant 2004 : M3 (report FE 2004) A partir de 2004 : M4
030318	Laine de roche	M5

Plomb

Tableau 78 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de plomb relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	Avant 2003 : M2 Entre 2003 et 2019 : M1 2020 et 2021 : M7 (report FE 2019) A partir de 2022 : M1
030315	Verre creux	Avant 2003 : M2 Entre 2003 et 2009 : M1 Entre 2010 et 2022 : M7 (report du FE 2009) A partir de 2023 : M1
030316	Fibre de verre	Avant 2005 : M3 (report du FE 2005) Entre 2005 et 2009 : M1 A partir de 2010 : M7 (report du FE 2009)
030317	Verre technique	Avant 2004 : M3 (report FE 2004) 2004 : M1 A partir de 2005 : M7 (utilisation du FE 2004)
030318	Laine de roche	M5

Sélénium

Tableau 79 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de sélénium relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	[1066]
030315	Verre creux	[1066]
030316	Fibre de verre	M5
030317	Verre technique	[1069]
030318	Laine de roche	M5

Zinc

Tableau 80 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de zinc relatives à la production de verre.

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
030314	Verre plat	Avant 1999 : M2 Entre 1999 et 2003 : M6 Entre 2003 et 2019 : M1 2020 et 2021 : M7 (report FE 2019) A partir de 2022 : M1
030315	Verre creux	Avant 2003 : M2 A partir de 2003 : M4
030316	Fibre de verre	M5
030317	Verre technique	M2
030318	Laine de roche	M5

Dioxines et furanes (PCDD-F)

Les émissions de dioxines et furanes 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_2

Au niveau des sites industriels, les émissions de SO_2 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 SO2. 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 NOx

Au niveau des sites industriels, les émissions déclarées de NOx des installations de production de chaux aérienne, magnésienne et hydraulique sont déterminées par mesure ponctuelle ou en continu.

Pour estimer les émissions de NOx des installations de production de chaux, la même méthodologie que pour le SO2 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_2 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_2 est mise en œuvre.

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 sont supposées négligeables d'autant qu'il n'y a actuellement aucune installation munie de dispositif d'épuration des NOx 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les facteurs d'émission relatifs aux PM_{10} sont obtenus de manière similaire aux TSP mais avec un échantillon de données plus restreint. Le pourcentage de PM_{10} par rapport aux TSP est pris égal au pourcentage observé en 2005.

Les valeurs retenues pour la granulométrie des $PM_{2,5}$ sont issues de l'étude IER / Citepa dans le cadre d'Interreg III [183].

Les $PM_{1,0}$ sont estimées en faisant l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que celui des $PM_{2,5}$.

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 $PM_{2,5}$. Les émissions de BC représentent 0,46% des émissions de $PM_{2,5}$ [1067].

Emissions de 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).

Emissions de 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).

Emissions de 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.

Emissions de 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.

Emissions de 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_2

A partir de 2003, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO2 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_2 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_2 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_2.

Emissions de COVNM

La même méthodologie que pour le SO_2 est employée.

Emissions de CO

La même méthodologie que pour le SO_2 est employée.

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

La granulométrie provient respectivement pour les PM_{10} et $PM_{2,5}$ de l'OFEFP [68] et de l'US EPA [395] (la proportion correspond à la moyenne des trois procédés proposés).

Tableau 81 : Granulométrie des poussières totales en suspension.

Tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM_{10}	62
$PM_{2,5}$	37
$PM_{1,0}$	37

Pour les $PM_{1,0}$, il est fait l'hypothèse que la répartition est la même que celle des $PM_{2,5}$.

Emissions de Black Carbon/Carbone Suie (BC)

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM2,5. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de $PM_{2,5}$. 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/EEA 2023 [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 furanes (PCDD-F)

Les émissions de dioxines et furanes 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 furanes 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 furanes 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.

3.5.2.7 Autres (enrobés routiers, autres fours) (NFR 1A2gvii & 1A2gviii)

- **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_2

Les émissions de SO_2 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 NOx, COVNM et CO

Les émissions de NOx, 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_3

Les émissions de NH_3 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_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2,5}$ sont estimées au moyen d'une granulométrie fournie par l'étude ASPA [183]. Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les PM1,0 est supposé identique à celui des $PM_{2,5}$.

Tableau 82 : Granulométrie des poussières totales en suspension

Tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM_{10}	96
$PM_{2,5}$	33
$PM_{1,0}$	33

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 2023 [1207] pour le recouvrement des routes. Les émissions de BC représentent 5,7% des émissions de $PM_{2,5}$.

Emissions de 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].

Emissions de 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].

Emissions d'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.

Emissions de 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].

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de HCB sont supposées négligeables.

3.5.3 Incertitudes

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)

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.

3.5.5 Recalculs

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 83 : 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	Pour le secteur de la combustion fixe de combustibles totale dans l'industrie manufacturière : Certaines données du bilan de l'énergie du SDES ont été révisées, notamment pour la période 2011-2023, avec notamment : - des variations non significatives de la consommation de biogaz entre 1990 et 2013, puis une hausse significative et croissante de la consommation de biogaz de 2014 (+380 TJ) à 2023 (+6 300 TJ) (révision méthodologique), - une baisse de la consommation de fioul lourd entre 2011 et 2016 (entre – 420 TJ et – 6 110 TJ selon les années, sauf 2014) puis des variations non significatives de 2017 à 2023, - une hausse significative de la consommation de fioul domestique sur la période 2018-2023 (entre +570 TJ et +4700 TJ selon les années) (transfert depuis le tertiaire 1A4ai),

	- une hausse de la consommation de gaz de pétole liquéfié entre 2011 et 2020 (hausse décroissante, entre +6 500 TJ et +380 TJ selon les années), puis une baisse en 2021 (-960 TJ), 2022 (-120 TJ) et 2023 (-2 800 TJ), - une hausse de la consommation de gaz naturel entre 2018 et 2021 (entre +840 TJ et +15 300 TJ selon les années), suivie d'une baisse en 2022 (-6 800 TJ) et en 2023 (-6 200 TJ), - des variations non significatives de la consommation de biomasse solide sur 2012-2016 et 2018-2022, interrompues par une hausse de la consommation en 2011 (+ 3 700 TJ), en 2017 (+ 780 TJ) ainsi qu'en 2023 (+ 514 TJ). Par ailleurs, des transferts de consommation de gaz naturel ont été effectués entre secteurs en lien avec des révisions du bilan énergétique ou bien des changements méthodologiques, sur 1990-2023 : - un transfert de consommation de gaz naturel depuis le secteur tertiaire vers l'autoproduction d'électricité dans l'industrie a été effectué sur 1990-2023, d'après les données du bilan de l'énergie. Entre 1300 et 13 200 TJ ont été transférés de 1A4ai vers 1A2 sur 1990-2017, soit un transfert d'émissions de 71 à 746 kt CO2 de 1A4ai vers 1A2. Ces recalculs sont également visibles au niveau de la catégorie « gaseous fuel » du 1A4ai. Sur 2018-2023, ces recalculs sont altérés par les révisions du bilan énergétique, - une révision à la baisse des données de production d'hydrogène sur 1990-2006, et donc de consommation de gaz naturel sur cette période. Cela entraîne un transfert de consommation de gaz naturel de 150 à 200 TJ de 2B10 vers 1A2c sur 1990-2006. En termes d'émissions de CO2, cela induit le transfert d'émissions de 2B10 vers 1A2c, de 8 à 16 kt CO2 sur 1990-2006. Ces recalculs sont visibles également au niveau du 2B10, - des consommations de gaz naturel ont été transférées de 1A2c vers la production d'hydrogène sur 2007-2023 car celui est consommé dans les réformeurs et est donc désormais comptabilisé dans le procédé, conformément aux lignes directrices du GIEC. Cela entraine un transfert des consommations de gaz naturel de 1A2c vers 2B10 sur 2007-2023 (entre 1100 et 2500 TJ selon les années). Soit pour les émissions de CO2 des transferts de 1A2c vers 2B10 : entre 64 et 142 kt sur 2007-2023. Ces recalculs sont visibles également au niveau du 2B10, - enfin, des consommations de gaz naturel ont été transférées de CRT 2B8f (noir de carbone) vers le 1A2c, car l'utilisation est désormais considérée comme énergétique : 2000 TJ environ sur 1990-2008, puis 1000 TJ environ sur 2009-2023, soit un transfert d'émissions de CO2 de 2B8f vers 1A2c : 131 kt à 123 kt sur 1990-

<table>
<tr><td></td><td>2008, puis de 53 kt à 47 kt sur 2009-2023. Ces recalculs ne sont pas visibles au niveau du 2B8f car compensés au total du 2B8f par un transfert de gaz résiduaires de 1A2c vers 2B8f.

Ensuite, le calcul des consommations de gaz naturel et de biométhane a été révisé pour mieux considérer les consommations de biométhane des fours des procédés, ce qui a conduit à une légère baisse de la consommation de gaz naturel pour le reste de l'industrie.

Les consommations de certains sites GIC ont également été révisées à la marge.

Enfin, certaines 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, à la suite de transfert de consommation de gaz résiduaires pour la production de noir de carbone vers la chimie (2B8f), et à la suite de suppression de consommations de biogaz qui étaient en réalité des consommations de gaz de réseau couvertes par des garanties d'origines (faible impact).</td></tr>
<tr><td>PCB</td><td>Révision à la baisse du FE PCB de la combustion de charbon à coke (de 55,38 µg/GJ à 48,81 µg/GJ)</td></tr>
<tr><td>TSP (et PM)</td><td>- Baisse significative du FE TSP de la combustion de bois sur la période 2019-2023 (baisse croissante, de -12% en 2019 à -50 % en 2023), suite à la mise à jour des données de la part d'installations couvertes par le Fonds Chaleur.
- Baisse significative du FE TSP du gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié, gaz industriel et biogaz sur toute la série (de 0,9 g/GJ à 0,45 g/GJ).
PM : Révision à la hausse des % de granulométrie du bois (PM_{10}, $PM_{2.5}$ et $PM_{1.0}$) (voir section 1.1.1.2 Résidentiel).</td></tr>
<tr><td>COVNM</td><td>Baisse importante du FE COVNM de la combustion de bois pour la période 2019-2023 (baisse croissante de -6% à -26%) suite à la mise à jour des données de la part d'installations couvertes par le Fonds Chaleur.</td></tr>
<tr><td>Métaux lourds</td><td>Révision à la légère baisse des FE ML du charbon à coke sur toute la série suite à la légère baisse du PCI.
Révision des FE ML des huiles de moteur à essence et autres lubrifiants.
<table>
<tr><th>ML</th><th>Evolution FE charbon à coke (mg/GJ)</th><th>Evolution FE huile moteur et lubrifiants (mg/GJ)</th></tr>
<tr><td>Cd</td><td>de 5 à 4,56</td><td>de 119 à 109</td></tr>
<tr><td>Cr</td><td>de 4,5 à 19,2</td><td>de 107 à 457</td></tr>
<tr><td>Cu</td><td>de 17,5 à 778</td><td>De 416 à 18 523</td></tr>
<tr><td>Ni</td><td>De 5 à 31,89</td><td>de 119 à 759</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td><table>
<tr><td>Pb</td><td>De 15 à 0,0332</td><td>de 357 à 0,79</td></tr>
<tr><td>Se</td><td>Ajout : 0,54</td><td>Ajout : 108</td></tr>
<tr><td>Zn</td><td>De 1000 à 450,2</td><td>de 23 808 à 10 719</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Tous les autres polluants</td><td>Pas de changement particulier sur les FEs, les recalculs sont dus à la variation des consommations énergétiques.</td></tr>
<tr><td colspan="2">1A2a - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Iron and steel</td></tr>
<tr><td>Données d'activité</td><td>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.
Sidérurgie : pas de recalcul sur les données d'activité en lien avec les différents ateliers sidérurgiques
Fonderies de fonte grise : Modification de l'activité depuis 2017 pour se baser sur les variations de l'indice de production de la fonte fourni par l'INSEE chaque année. En cohérence avec les données fournies précédemment par la fédération.</td></tr>
<tr><td>SO_2</td><td>Autres ateliers sidérurgiques : Révision à la baisse du FE pour le fioul domestique de 26 g/GJ à 20 g/GJ.
Fonderies de fonte grise : Changement de méthodologie pour estimer les émissions de SO_2 du secteur, entrainant un recalcul significatif à la hausse sur l'ensemble de la série historique (de +1.5 à 0.3 kt de 1990 à 2023, de façon décroissante).</td></tr>
<tr><td>TSP/PM</td><td>Agglomération : Recalcul des émissions de PM_{10} à partir du ratio des émissions de PM_{10} et TSP déclarées en 2023 pour un seul site, faute de données déclarées.
Autres ateliers sidérurgiques : Baisse significative du FE TSP du gaz naturel et biogaz sur toute la série (de 0,9 g/GJ à 0,45 g/GJ).
Fonderies de fonte grise : Léger recalcul à la hausse sur les PM sur la période 2017-2023 en lien avec le changement de données d'activité.</td></tr>
<tr><td>PCDD-F et HAP</td><td>Autres ateliers sidérurgiques : Pas de recalcul.
Fonderies de fonte grise : Léger recalcul à la hausse sur les PCDD-F sur la période 2017-2023 en lien avec le changement de données d'activité.</td></tr>
<tr><td>Métaux lourds</td><td>Agglomération : Pas de recalcul.</td></tr>
<tr><td colspan="2">1A2b - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-ferrous metals</td></tr>
<tr><td colspan="2">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.
Production de cuivre : pas de recalcul.
Production de magnésium : pas de recalcul.
Production de zinc de première fusion : pas de recalcul.</td></tr>
</table>

Production de zinc de deuxième fusion : pas de recalcul. Production de plomb de première fusion : non concerné. Production de plomb de seconde fusion : pas de recalcul. Production d'aluminium de seconde fusion : Correction d'une formule de calcul, ne prenant pas bien en compte les sites de production d'aluminium secondaire qui avaient déclaré des émissions de polluants. L'erreur était itérée depuis 2021, la correction induit une différence de +7 à +29% d'émissions de certains polluants.
1A2c - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Chemicals
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. La combinaison des transferts de consommation de gaz naturel décrits en section 1A2 plus haut impacte particulièrement le secteur 1A2c (30 à 35% des consommations de gaz naturel de l'industrie sont attribués à la chimie selon les années), avec des recalculs à la hausse des émissions de polluants liées à la combustion de gaz naturel sur la période 1990-2010. A partir de 2011, d'autres modifications comme les transferts en CRT 2B mentionnés en section 1A2 viennent compenser cette hausse, ainsi que les révisions du bilan énergétique à partir de 2018.
1A2d - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Pulp, Paper and Print
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.
1A2e - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Food processing, beverages and tobacco

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. Déshydratation : la méthode de calcul de consommations de combustible par type de fourrage a évolué (voir section Méthode d'estimation correspondante). Cela induit des recalculs dans les émissions de NO_x et de SO_2. Par ailleurs, deux sites ont déclaré un arrêt du four de déshydratation sur certaines années (l'un en 2022 et 2023, l'autre en 2023). Les consommations d'énergie et émissions de ces sites ont été retirées pour les années concernées.
NOx et SO_2	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. Déshydratation : mise à jour de la méthode d'estimation des émissions de NO_x et SO_2 (voir section 1.1.2.5). Révision du FE SO_2 du charbon à coke sur 1990-2023 (voir section générale énergie pour les installations de moins de 50 MW). Révision du FE SO_2 de la houille et du coke de houille sur 2021 et 2023 (voir section générale énergie pour les installations de moins de 50 MW). Révision du FE NO_x de la biomasse et des déchets de bois de 1990 à 2024 à 200g/GJ selon la référence [67]. Cela conduit à des recalculs : - NO_x : de -9% à +58% selon les années - SO_2 : de -3% à -38% selon les années
PCB	Révision du FE PCB du charbon à coke (de 55,3 à 48,8 g/GJ) Révision du FE PCB du lignite et des briquettes de lignites (de 55 à 141 g/GJ)
1A2f - Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Non-metallic minerals	
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 : SNAP 030315 (verre creux) : modification de la donnée d'activité d'un site pour l'année 2023, sans impact sur les émissions car la production totale pour cette SNAP en 2023 provient des statistiques de production et non des données d'activité des sites en bottom-up. Céramique : augmentation d'environ 2 à 11% entre 2021 et 2023 de la production de céramique faisant suite à l'ajout de nouveaux sites de production dans le périmètre. ⇒ Impact sur l'ensemble des émissions. Ciment : pas de recalcul. Chaux : pas de recalcul. Plâtre : pas de recalcul. Email : pas de recalcul
SO_2	Verre : SNAP 030316 (fibre de verre) : recalculs sur la période [2001-2023]. SNAP 030317 (verres techniques) : recalculs sur la période [2015-2023] Ces recalculs sont liés à une harmonisation de la méthode d'estimation des émissions de SO_2 pour les sites n'ayant pas déclaré leurs émissions. Plâtre : pas de recalcul. Ciment : pas de recalcul. Chaux : pas de recalcul.

CO	Verre : mise à jour de la production de deux sites de production de verre plat en 2019 et 2022, et de certains sites de production de verre creux sur la période [2008-2022] Ciment : pas de recalcul. Chaux : pas de recalcul. Plâtre : pas de recalcul.
Cr	Verre : 030315 (verre creux) : recalculs sur la période [2011-2023] liés à l'harmonisation de la méthode d'estimation des émissions pour les sites n'ayant pas déclaré leurs émissions. 030318 (laine de roche) : recalculs sur la période [2022-2023] liés à une correction de la fraction de biométhane dans le gaz naturel, le émissions de métaux lourds étant déterminés à partir des consommations de combustibles pour cette SNAP. Ciment : Recalculs inférieurs à 1,5% en valeur absolue sur le total du secteur sur la période 2019-2023 suite à la correction d'une formule d'estimation des émissions de polluants pour un site. Chaux : Recalculs sur la période 2013-2023 liés à la correction de formule de calculs (<1% des émissions Cr du secteur). Plâtre : pas de recalcul.
Cd	Verre : 030315 (verre creux) : recalculs sur la période [2009-2023] liés à l'harmonisation de la méthode d'estimation des émissions pour les sites n'ayant pas déclaré leurs émissions.030316 (fibre de verre) : recalcul sur 2023 lié à une correction d'indexation d'une formule. 030318 (laine de roche) : recalculs sur la période [2022-2023] liés à une correction de la fraction de biométhane dans le gaz naturel, le émissions de métaux lourds étant déterminés à partir des consommations de combustibles pour cette SNAP. Céramique : l'estimation du FE moyen a été révisé afin de prendre la globalité des données disponibles – l'impact sur les émissions est d'environ +7%. Ciment : pas de recalcul. Ciment : Recalculs inférieurs à 0,1% en valeur absolue sur le total du secteur sur la période 2019-2023 suite à la correction d'une formule d'estimation des émissions de polluants pour un site. Chaux : Recalculs sur la période 2013-2023 liés à la correction de formule de calculs (<0,1% des émissions Cd du secteur). Plâtre : pas de recalcul.
Cu	Verre : 030315 (verre creux) : recalculs sur la période [2009-2023] liés à l'harmonisation de la méthode d'estimation des émissions pour les sites n'ayant pas déclaré leurs émissions. 030318 (laine de roche) : recalculs sur la période [2022-2023] liés à une correction de la fraction de biométhane dans le gaz naturel, le émissions de métaux lourds étant déterminés à partir des consommations de combustibles pour cette SNAP.

	Céramique : l'estimation du FE moyen a été révisé afin de prendre la globalité des données disponibles – l'impact sur les émissions est d'environ -1,5%. Ciment : Recalculs inférieurs à 0,1% en valeur absolue sur le total du secteur sur la période 2019-2023 suite à la correction d'une formule d'estimation des émissions de polluants pour un site. Chaux : Recalculs sur la période 2013-2023 liés à la correction de formule de calculs (<1% des émissions Cu du secteur). Plâtre : pas de recalcul.
Hg	Verre : 030314 (verre plat) : 030315 (verre plat) : recalculs sur la période [1999-2023] liés à l'harmonisation de la méthode d'estimation des émissions pour les sites n'ayant pas déclaré leurs émissions. 030315 (verre creux) : recalculs sur la période [2010-2023] liés à l'harmonisation de la méthode d'estimation des émissions pour les sites n'ayant pas déclaré leurs émissions. 030317 (verres techniques) : recalculs sur la période [2015-2023] liés à l'harmonisation de la méthode d'estimation des émissions pour les sites n'ayant pas déclaré leurs émissions. 030318 (laine de roche) : recalculs sur la période [2022-2023] liés à une correction de la fraction de biométhane dans le gaz naturel, le émissions de métaux lourds étant déterminés à partir des consommations de combustibles pour cette SNAP. Céramique : l'estimation du FE moyen a été révisé afin de prendre la globalité des données disponibles – l'impact sur les émissions est d'environ -8%. Ciment : Recalculs inférieurs à 0,2% en valeur absolue sur le total du secteur sur la période 2019-2023 suite à la correction d'une formule d'estimation des émissions de polluants pour un site. Chaux : Recalculs sur la période 2013-2023 liés à la correction de formule de calculs (<1% des émissions Hg du secteur). Plâtre : pas de recalcul.
Ni	Verre : 030315 (verre creux) : recalculs sur la 2010 et 2023 liés à l'harmonisation de la méthode d'estimation des émissions pour les sites n'ayant pas déclaré leurs émissions. 030318 (laine de roche) : recalculs sur la période [2022-2023] liés à une correction de la fraction de biométhane dans le gaz naturel, le émissions de métaux lourds étant déterminés à partir des consommations de combustibles pour cette SNAP. Ciment : Recalculs inférieurs à 0,2% en valeur absolue sur le total du secteur sur la période 2019-2023 suite à la correction d'une formule d'estimation des émissions de polluants pour un site. Chaux : Recalculs sur la période 2013-2023 liés à la correction de formule de calculs (<1% des émissions Ni du secteur).

	Céramique : l'estimation du FE moyen a été révisé afin de prendre la globalité des données disponibles – l'impact sur les émissions est minime. Plâtre : pas de recalcul.
Pb	Verre : 030318 (laine de roche) : recalculs sur la période [2022-2023] liés à une correction de la fraction de biométhane dans le gaz naturel, le émissions de métaux lourds étant déterminés à partir des consommations de combustibles pour cette SNAP. Céramique : l'estimation du FE moyen a été révisé afin de prendre la globalité des données disponibles – l'impact sur les émissions est d'environ -4%. Ciment : Recalculs inférieurs à 0,2% en valeur absolue sur le total du secteur sur la période 2019-2023 suite à la correction d'une formule d'estimation des émissions de polluants pour un site. Chaux : Recalculs sur la période 2013-2023 liés à la correction de formule de calculs (<1% des émissions Pb du secteur). Plâtre : pas de recalcul.
1A2gvii - Mobile Combustion in manufacturing industries and construction	
Tous les polluants	Pour le secteur du BTP, les consommations de gazole ont été revues à la hausse sur 2011-2023 (entre -95 kt et -421 kt selon les années) suite à la mise à jour du bilan de l'énergie. Pour tous les secteurs, les facteurs d'émission HAP de la combustion mobile de diesel et biodiesel ont été révisés à la baisse (impact sur 2011-2023, entre -3% et -16% selon les années).
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. Enrobés routiers : pas de recalcul.

3.5.6 Améliorations envisagées

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pour les sources fixes, une amélioration de la considération des arrêtés combustion et de la directive MCP pour les FE des installations de puissance inférieure à 50 MW.

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'émission de NOx 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 2023 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. Par ailleurs, une revue du périmètre des sites à inclure est envisagée.

Pour la production de verre, une revue des niveaux de production historiques et de la liste des sites de production de verre par SNAP est prévue, grâce aux informations fournies par l'Institut du verre. Pour l'inventaire 2024 (éd. 2025), un travail d'harmonisation méthodologique pour l'estimation des émissions de polluants en bottom-up a été démarré (voir la section Recalculs), et devrait se poursuivre lors de la prochaine édition de l'inventaire.

3.6 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 84), 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, caténaires, 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, cf. Tableau 84 et Tableau 85) :

- Trafic domestique : défini par les liaisons entre deux points situés dans le pays considéré, en l'occurrence la France hexagonale ;
- 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.

3.6.1 Caractéristiques de la catégorie

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 97,3 % de la consommation du secteur du transport en 2024.

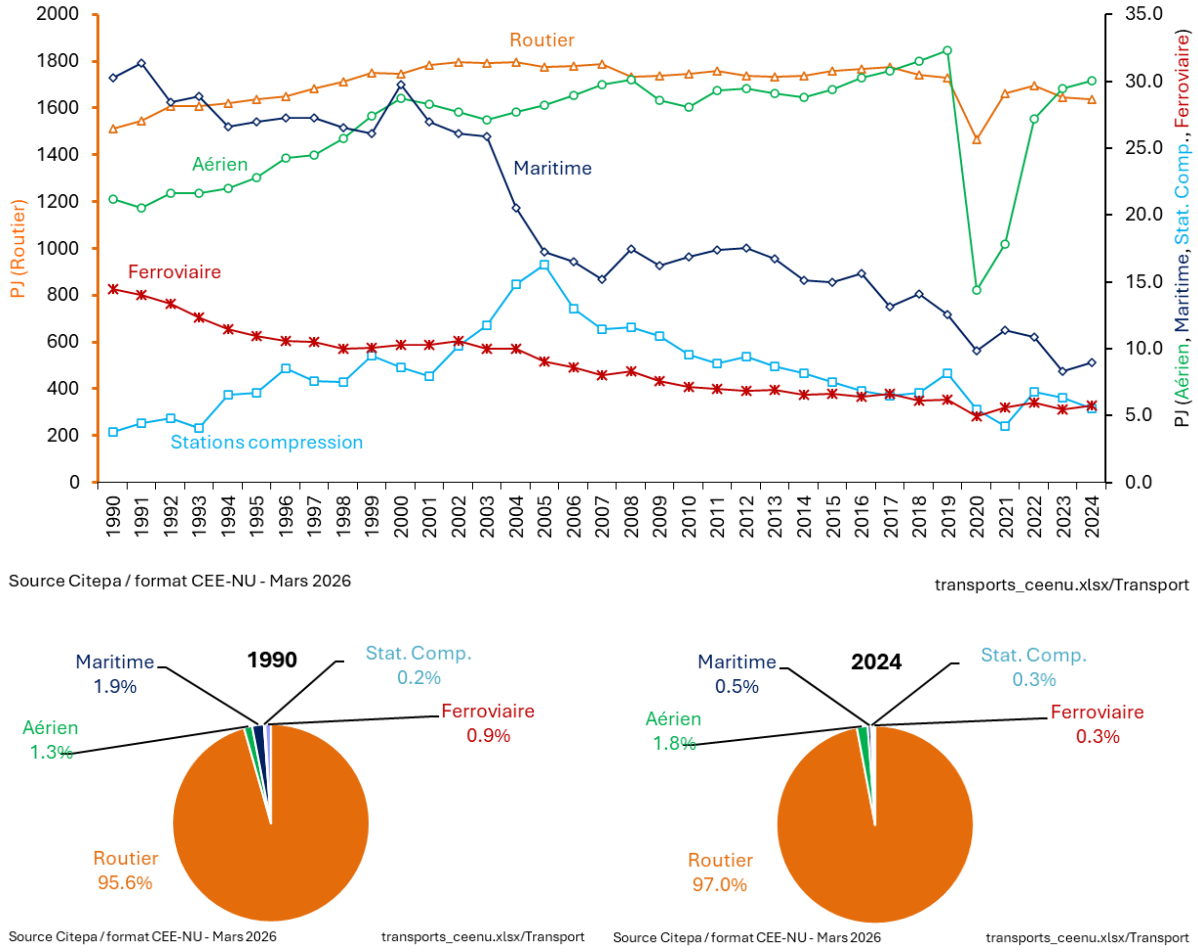


Figure 59 : Consommation des différents modes de transports sur la période 1990 – 2024 et répartitions en 1990 et 2024 (y compris agro-carburants).

Tableau 84 : Méthodologie pour le calcul des émissions des sources mobiles (Table IV 1 F4)

Code NFR	Description	Ventes	Consom-mations	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/plaisance)	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 85 : 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	

3.6.1.1 Transport aérien (NFR 1A3a)

Le secteur 1.A.3.a. est une catégorie-clé en 2024, en niveau, pour le plomb.

Tableau 86 : Polluants pour lesquels le secteur 1.A.3.a est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Pb	4	5.9%	-	-

Le transport aérien civil 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 émissions connexes attachées aux aéronefs (usure des pneumatiques, des freins, érosion des pistes, etc.),

Les émissions liées aux activités environnantes telles que : les engins de piste, le trafic routier induit ou les servitudes aéroports (chaufferie, restauration, entretien espaces verts, etc.) sont généralement incluses dans les activités de même nature à une échelle plus générale (par exemple trafic routier, combustion, etc.). Ces émissions ne sont donc pas traitées 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].

Les engins militaires sont exclus pour des raisons de confidentialité. L'ensemble de l'activité militaire est inclus dans les sources institutionnelles (NFR 1.A.5).

Contrairement à la plupart des autres sources, les aéronefs se caractérisent par :

- Une altitude de rejet dans un domaine 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 continentale 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, ie atterrissage et décollage) », 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 aéroports situés dans le pays considéré, en l'occurrence la France),
- Trafic international (liaisons entre deux aéroports, 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)
Liaisons domestiques	SNAP 08.05.01 dans le total CEE-NU/NEC[11] (1.A.3.a.ii(i).)	SNAP 08.05.03 hors total CEE-NU/NEC1 (1.A.3.a.ii(ii).)
Liaisons internationales	SNAP 08.05.02 dans le total CEE-NU/NEC11 (1.A.3.a.i(i).)	SNAP 08.05.04 hors total CEE-NU/NEC1 (1.A.3.a.i(ii).)

[11] Format utilisé dans le cadre de la directive sur les plafonds d'émission nationaux (National Emission Ceilings)

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, soit environ 1 000 m),
- 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 des différentes phases du cycle LTO dépendent de la durée de chacune de ces phases (elles-mêmes variables 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 (pour les avions qui en sont dotés) 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 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 des différentes phases de la croisière dépendent de la durée de chacune de ces phases (elles-mêmes variables selon les types d'avions) et des caractéristiques des aéronefs (selon les types d'avions et les conditions d'exploitation).

Données caractéristiques du trafic

Les données relatives aux mouvements des aéronefs sont recensées par la Direction Générale de l'Aviation Civile (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-St-Exupéry, 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 [127, 128, 129, 130, 903]. Certaines assimilations sont opérées en cas d'information manquante ou de multiples motorisations.

Le partage des liaisons entre la France hexagonale 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 contribution française à la consommation relative à la croisière internationale de la France hexagonale ($Conso_{CR,Int,HEX}$) calculée par différence entre :

- d'une part, le total des ventes françaises ($VENTES_{HEX+OM}$)
- d'autre part, les consommations des cycles LTO des vols domestiques et internationaux pour la France hexagonale et l'Outre-Mer ($Conso_{LTO,Dom,HEX}$, $Conso_{LTO,Dom,OM}$, $Conso_{LTO,Int,HEX}$, $Conso_{LTO,Int,OM}$), ainsi que celles de la croisière des vols domestiques pour la France hexagonale et l'Outre-Mer ($Conso_{CR,Dom,HEX}$, $Conso_{CR,Dom,OM}$) et des vols internationaux pour Outre-mer ($Conso_{CR,Int,OM}$).

$$Conso_{CR,Int,HEX} = VENTES_{HEX+OM} - Conso_{LTO,Dom,HEX} - Conso_{LTO,Dom,OM} - Conso_{LTO,Int,HEX} - Conso_{LTO,Int,OM} - Conso_{CR,Dom,HEX} - Conso_{CR,Dom,OM} - Conso_{CR,Int,OM}$$

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[12]). Le bouclage n'est pas fait séparément pour la France hexagonale et pour chaque territoire d'outre-mer, car pour ces derniers, il peut exister pour certaines années, en fonction de données économiques, des effets d'avitaillement (i.e. les avions font une escale pour simplement faire le plein dans un pays étranger au cours d'un vol domestique).

[12] TARMAAC : Traitements et Analyses des Rejets éMis dans l'Atmosphère par l'Aviation Civile

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 reparties à la hausse, cependant on reste en dessous des niveaux d'avant la crise sanitaire.

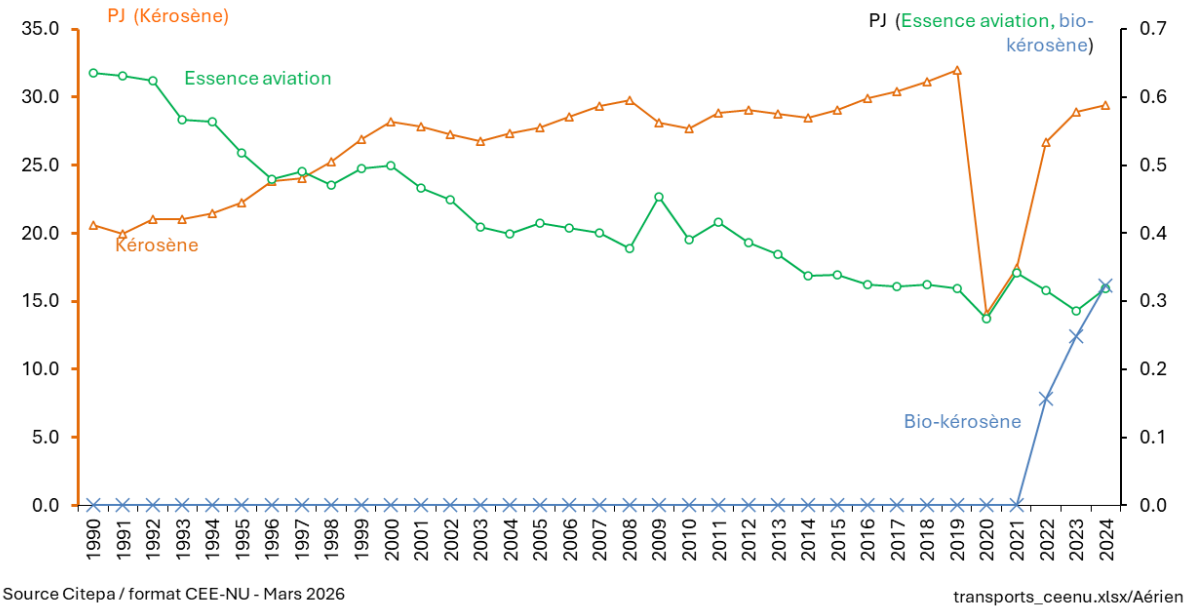


Figure 60 : Consommation de kérosène, de bio-kérosène et d'essence aviation du cycle LTO de l'aviation civile

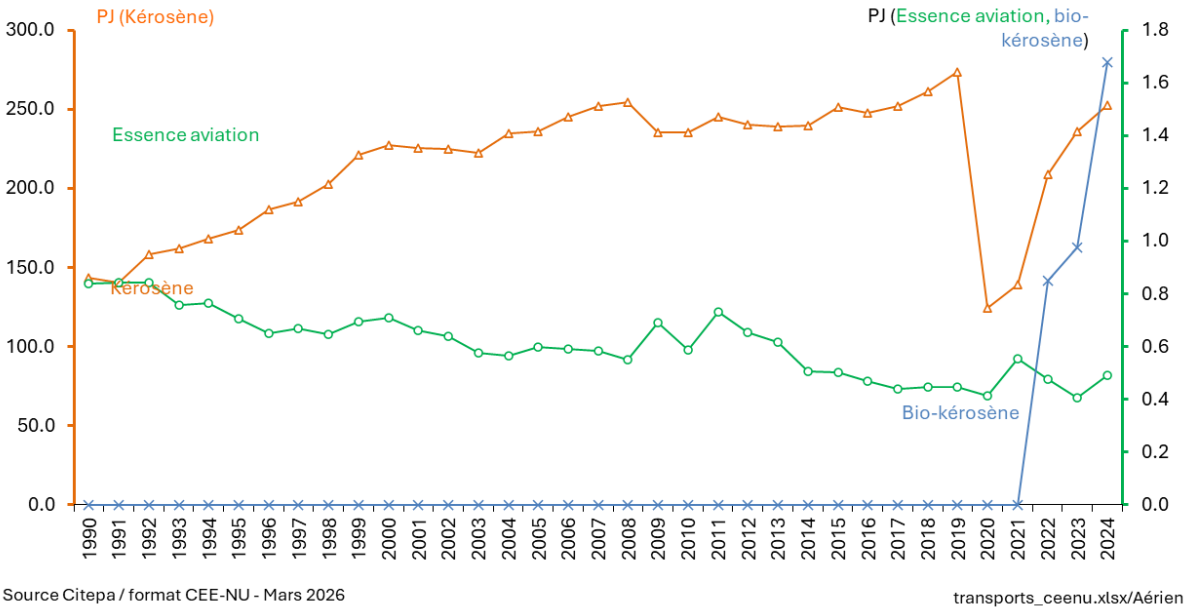


Figure 61 : Consommation de kérosène, de bio-kérosène et d'essence aviation de la croisière de l'aviation civile (hors total national)

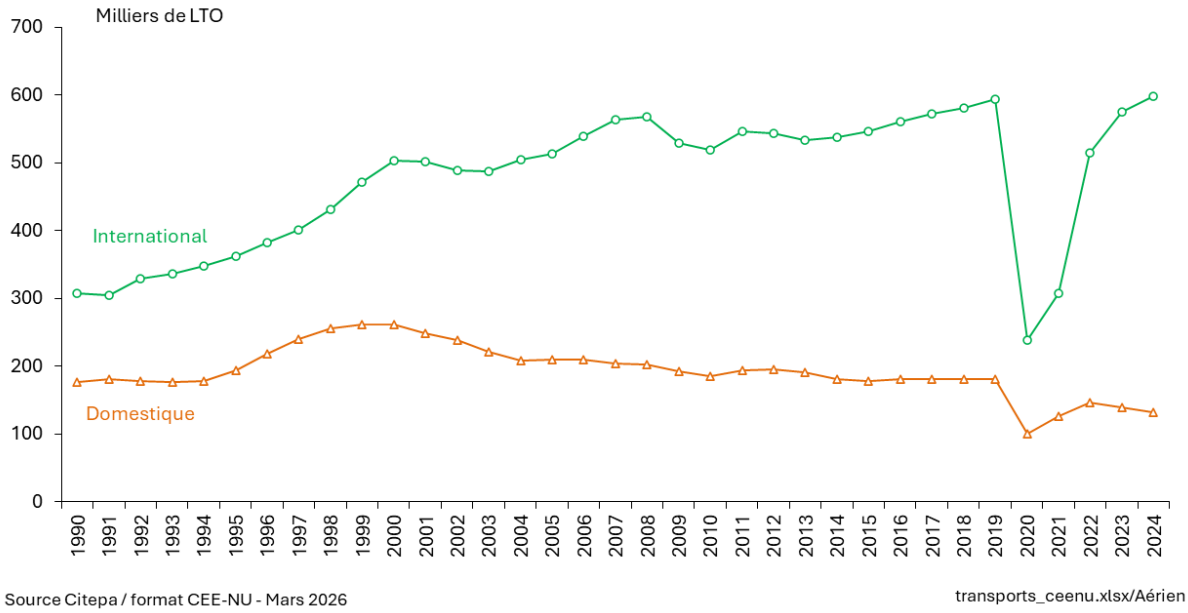


Figure 62 : Nombre de mouvements du cycle LTO de l'aviation civile

Les figures suivantes présentent l'évolution des tonnes x kilomètres (y compris les 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.

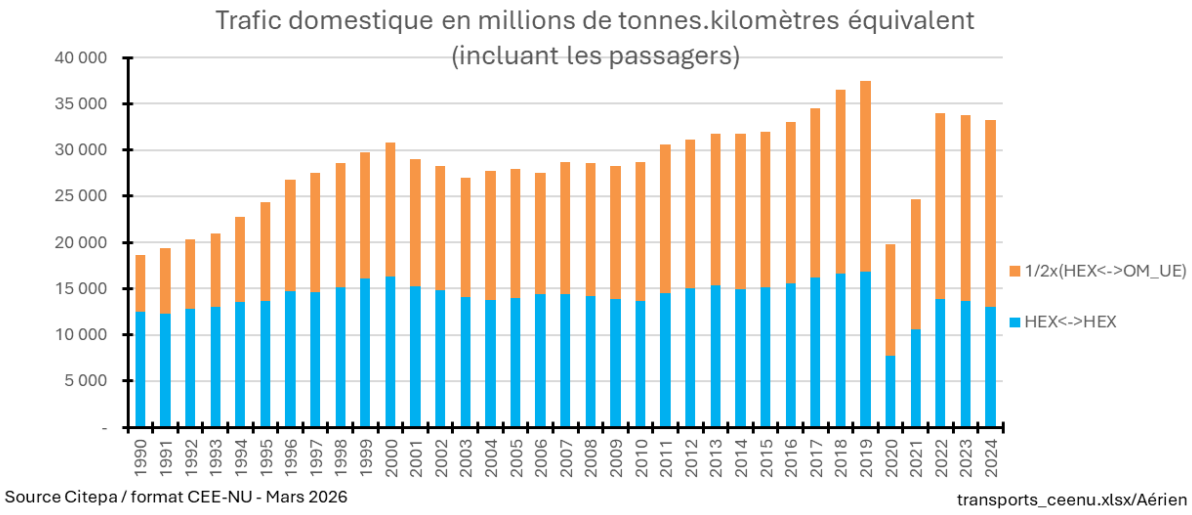


Figure 63 : Trafic domestique en millions de passagers.km équivalents (HEX : France hexagonale et OM_UE : Outre-mer (UE))

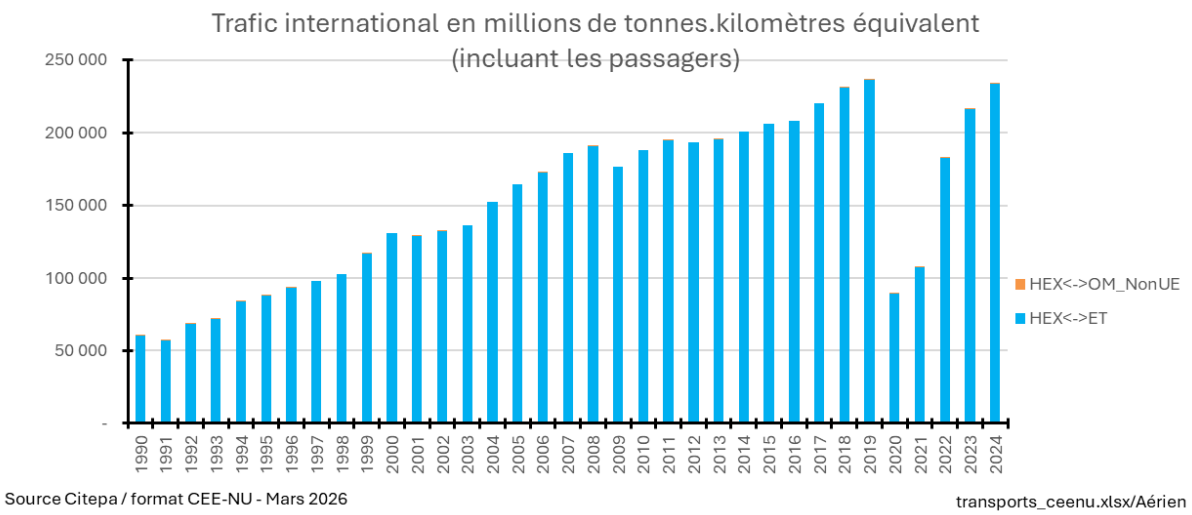


Figure 64 : Trafic international en millions de tonnes.km équivalents (HEX : France hexagonale, OM_NonUE : Outre-mer (hors UE) et ET : étranger)

3.6.1.2 Transport routier (NFR 1A3b)

Le secteur 1.A.3.b. est une catégorie-clé en niveau et en évolution pour les substances suivantes :

Tableau 87 : Polluants pour lesquels le secteur 1.A.3.b est source clé en 2024

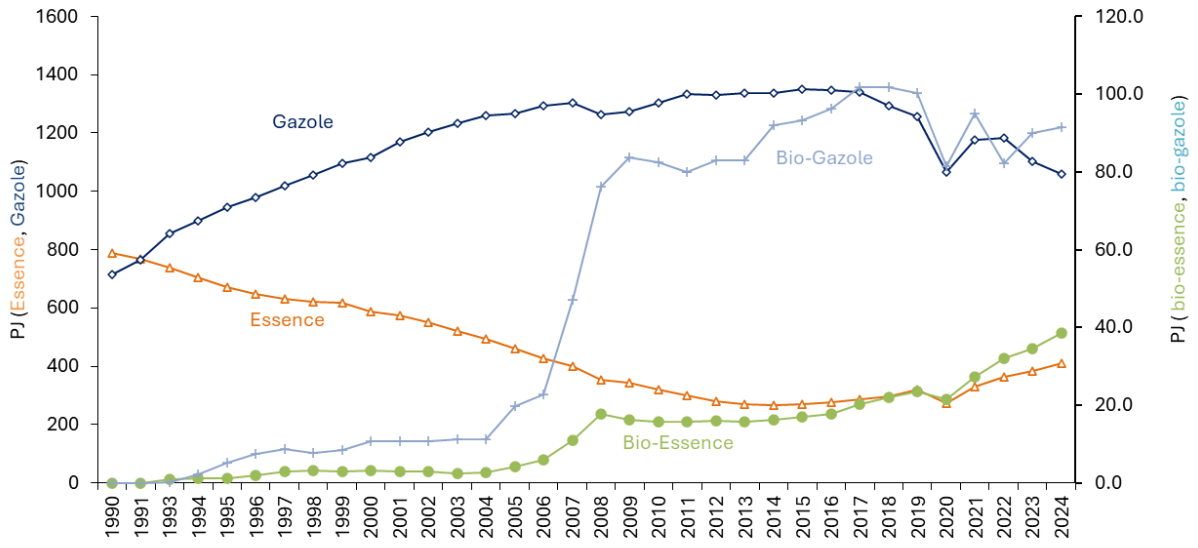
source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	1	40.9%	1	37.7%
COVNM/NMVOCs	-	-	1	46.8%
SO_2	-	-	5	4.2%
$PM_{2,5}$	2	8.6%	2	16.2%
PM_{10}	3	9.1%	2	13.4%
TSP	-	-	3	9.1%
BC	2	19.6%	1	43.0%
CO	3	9.1%	1	66.7%
Pb	1	39.5%	1	91.3%
Cd	7	5.6%	-	-
Hg	2	12.6%	-	-
As	1	30.8%	-	-
Cr	1	39.6%	-	-
Cu	1	55.4%	1	27.8%
Ni	3	11.8%	-	-
Zn	1	41.8%	-	-
PCDD/F	3	7.1%	-	-
HAP / HAPs	2	6.2%	-	-

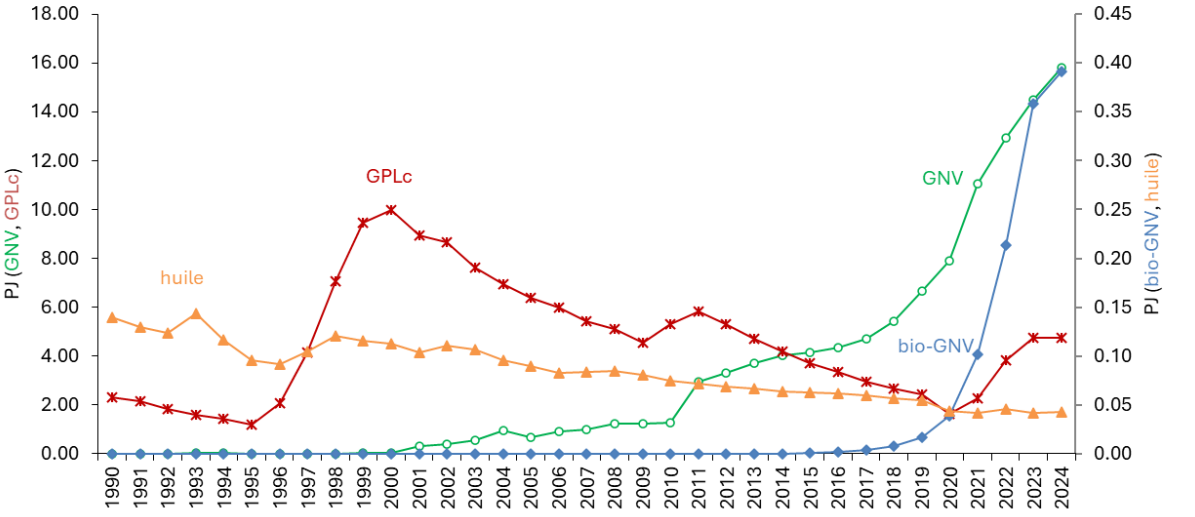
Les émissions associées aux transports routiers sont liées à plusieurs types de phénomènes qui peuvent être classés dans ces trois grandes catégories :

- Les émissions à l'échappement : elles incluent celles générées par la combustion des carburants dans les moteurs et par le post-traitement des gaz d'échappement (comme les pots catalytiques et les filtres à particules), visant à réduire les polluants avant leur rejet dans l'atmosphère,
- Les émissions par évaporation des carburants et liées 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 par abrasion :
    - L'abrasion mécanique de divers organes des véhicules (freins, pneumatiques),
    - L'usure du revêtement routier.

La Figure 65 et la Figure 66 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 67) qui a atteint son maximum en 2015 (63 % sur l'ensemble de l'Hexagone 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.



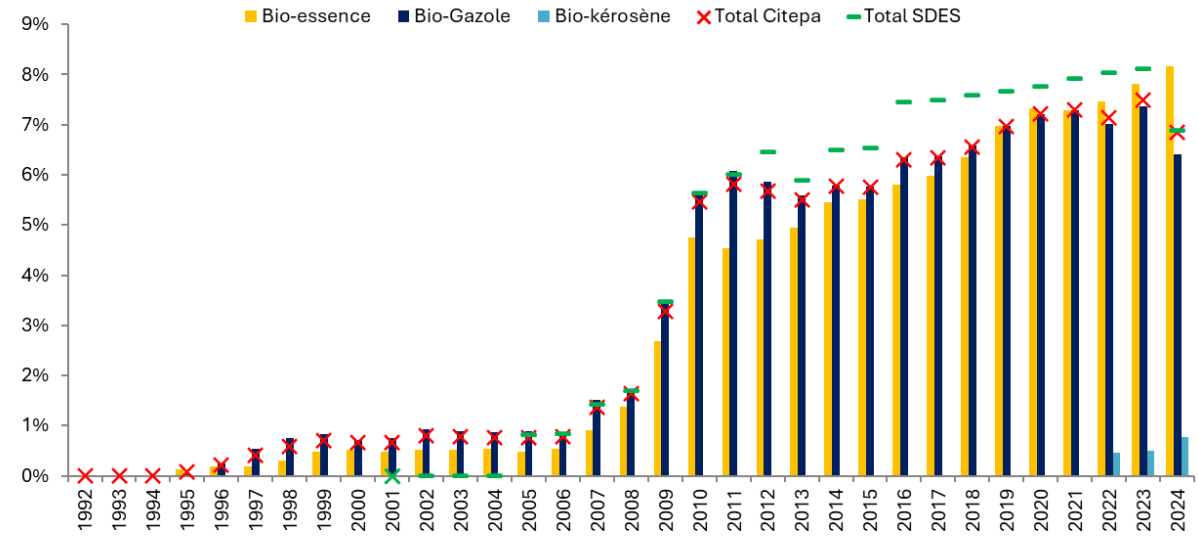
Source Citepa / format CEE-NU - Mars 2026 transports_ceenu.xlsx/Routier



Source Citepa / format CEE-NU - Mars 2026

transports_ceenu.xlsx/Routier

Figure 65 : Consommation des différents combustibles du transport routier



Source Citepa / format OMINEA - février 2026

Routier_OMINEA.xlsx / Agrocarburants.gr

Figure 66 : Taux d'incorporation d'agro-carburants en France hexagonale

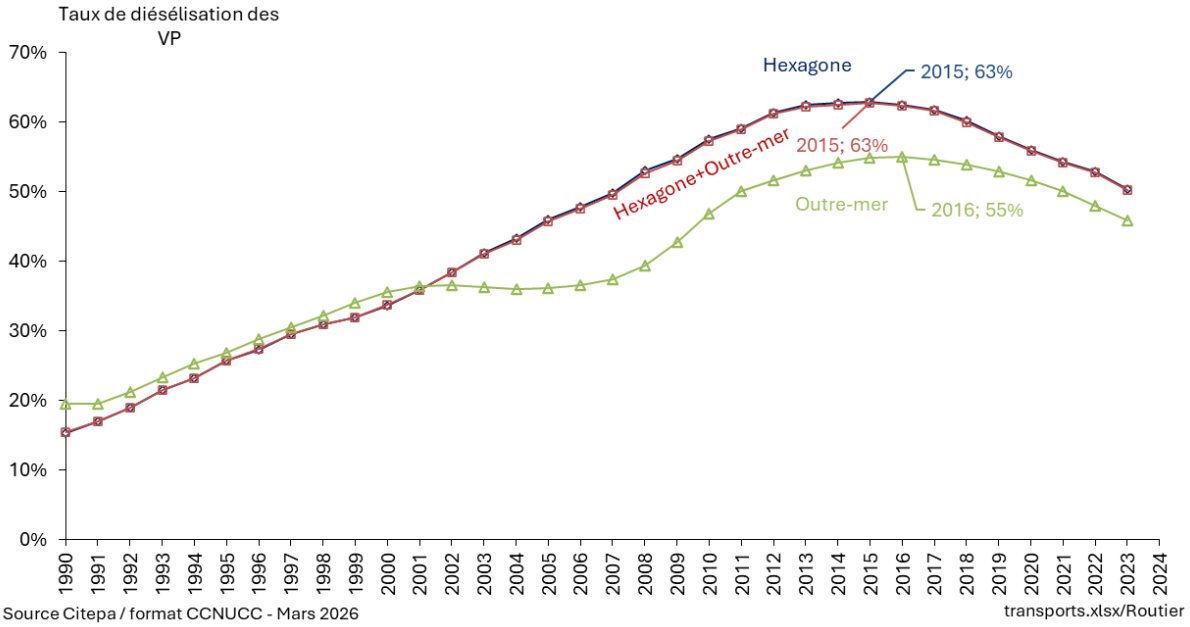


Figure 67 : Taux de diésélisation du parc des véhicules particuliers en France hexagonale et sur tout le territoire national.

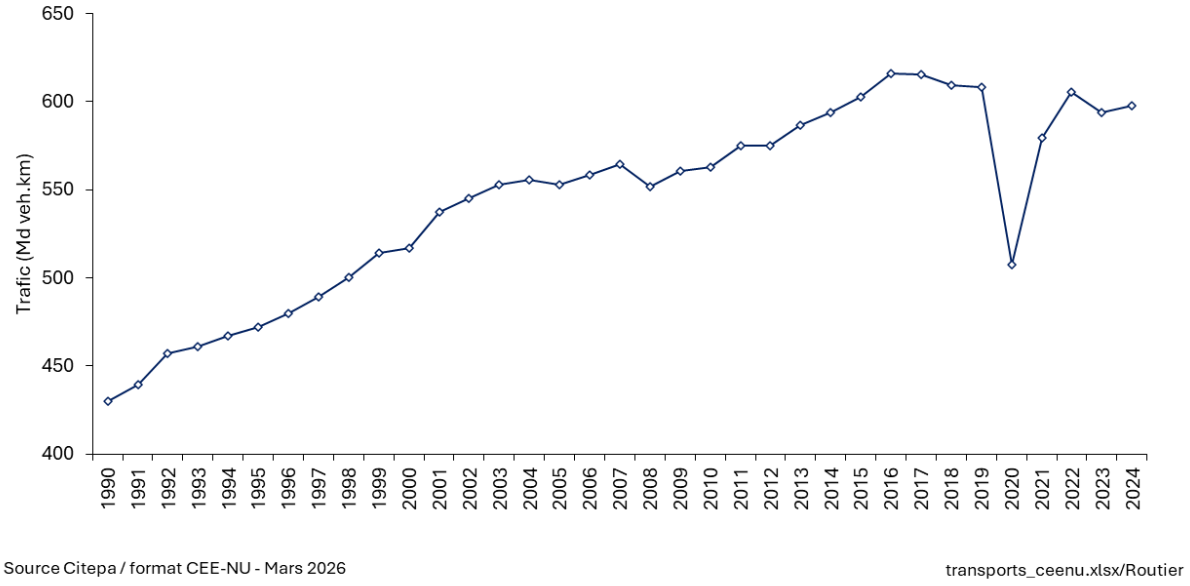


Figure 68 : Trafic (tous véhicules) en France hexagonale.

Le trafic a régulièrement augmenté depuis le début des années 1990 jusqu'en 2016. Depuis, il diminue légèrement d'année en année. En 2020, la crise sanitaire du Covid-19 a eu un impact important sur le trafic qui chute drastiquement. En 2021 et 2022, le trafic repart à la hausse, pour arriver en 2022 à un trafic légèrement plus faible de 0,5% qu'en 2019. En 2023, le trafic repart légèrement à la baisse, pour rester quasi constant en 2024.

3.6.1.3 Transport ferroviaire (NFR 1A3c)

Le secteur 1.A.3.c. est une catégorie-clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 88 : Polluants pour lesquels le secteur 1.A.3.c est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Cu	3	16.6%	-	-

Deux sources d'émissions sont différenciées : les émissions issues de la combustion et les émissions provenant de l'usure des freins, rails, roues et caténaires.

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 atmosphériques liés à l'utilisation de l'énergie, les émissions liées à la production d'électricité étant comptabilisées au lieu de la production.

Historiquement, les locomotives ont utilisé du charbon et du fioul lourd jusqu'au milieu des années 70. Il existe aujourd'hui encore quelques trains touristiques qui circulent avec ses combustibles, mais les quantités mises en jeu sont trop faibles pour qu'elles apparaissent dans le bilan de l'énergie pour ce secteur. Elles sont incluses dans le secteur commercial (1.A.4.a).

Depuis 2011, le gazole non routier (GNR) remplace le gazole dans le ferroviaire qui lui-même a remplacé le fioul domestique en 2006. Ces trois combustibles ont quasiment les mêmes caractéristiques physiques (excepté pour le soufre), mais sont assujettis à une fiscalité différente.

Le GNR (à partir de 2011) et le gazole (entre 2006 et 2011) ont permis l'incorporation d'agro-carburants.

Le transport ferroviaire n'a lieu qu'en France hexagonale.

Tous les types de véhicules (électriques et Diesel) sont considérés dans l'estimation des 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 (NFR 1.A.4).

Alors qu'elle était de 40 % en 1990, la consommation d'énergie des tractions Diesel représente désormais moins de 20 % de la consommation totale d'énergie de la traction ferroviaire.

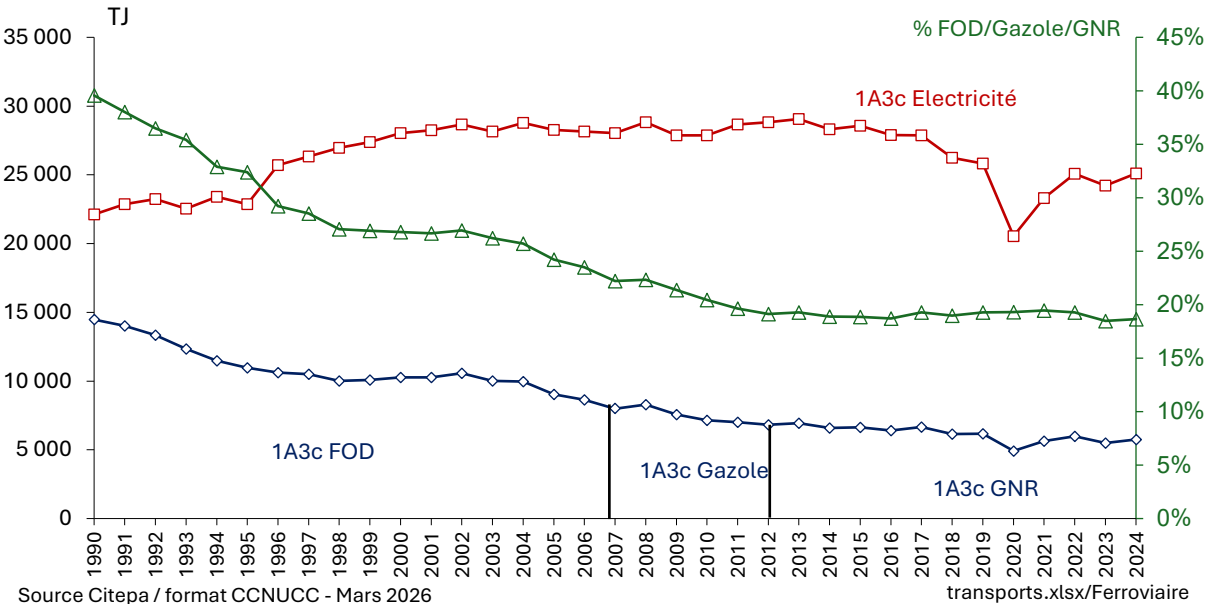


Figure 69 : Consommations d'énergies (y compris agro-carburants) en France hexagonale

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. Par exemple, le trafic de voyageurs, qui est réalisé avec plus de trains électriques que de trains Diesel, a été fortement perturbé en 2020 et 2021, ce qui a eu pour effet d'augmenter la part de consommation du GNR pendant cette période ; le transport de marchandises utilisant des trains Diesel et ayant été moins impacté par la crise. Depuis 2022, le trafic de marchandises et les consommations reprennent les tendances pré-crise, alors que le trafic de passagers augmente sensiblement.

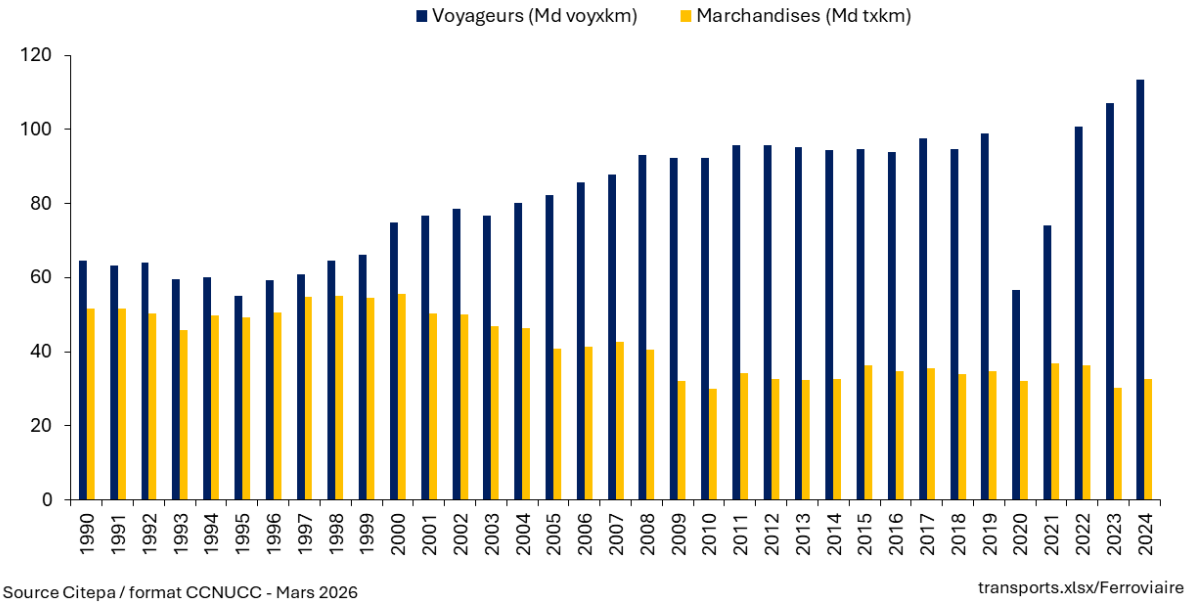


Figure 70 : Trafics ferroviaires de passagers (en Milliard de voyageurs x kilomètres) et de marchandises (en Milliard de tonnes x kilomètres)

3.6.1.4 Transport maritime et par voies navigables (NFR 1A3d)

Le secteur 1.A.3.d. est une catégorie-clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 89 : Polluants pour lesquels le secteur 1.A.3.d est source clé en 2024

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	-	-	6	5.2%
Ni	2	15.0%	7	5.1%

Ce secteur 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.).

<u>Transport maritime</u>

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 ou la nationalité de l'armateur ne sont pas des critères déterminant le 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 chacun des 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.

Il est à noter que le trafic maritime est décorrélé des ventes de carburants. En effet, beaucoup de navires peuvent faire escale dans un port français sans avitailler.

Le CPDP [14] communiquait chaque année pour la France hexagonale les consommations de Diesel Marine Léger (DML) et de fioul lourd (FOL) des soutes françaises d'une part et étrangères d'autres part. Depuis 2023, seul le total agrégé composé des soutes de DML et des avitaillements en gazole pêche (GOP) est publié. De plus, pour tous les carburants marins, il n'y a plus la distinction du pavillon. La même référence renseigne les soutes pour les Régions Ultrapériphériques (RUP) de l'Union Européenne et les Pays et territoires d'Outre-Mer (PTOM) hors UE[13]. Il est utile de rappeler que :

- Les soutes, communiquées seules jusqu'en 2022, n'incluent pas les avitaillements sous douane destinés aux bateaux de pêche, aux caboteurs ainsi qu'aux engins et matériels flottants (avitaillements en GOP pour les bateaux de pêche et en essence pour les engins portuaires) ;
- La distinction entre les soutes françaises et étrangères 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 les 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 les hypothèses détaillées ci-après, établie selon une procédure de type bottom-up.

Procédure bottom-up de discernement des ventes relatives au trafic maritime domestique et trafic maritime international pour la France hexagonale

En principe deux composantes contribuent aux émissions de la navigation maritime domestique :

- La part des « soutes maritimes françaises » (c'est-à-dire à destination des pavillons français),
- La part des « soutes maritimes étrangères » (c'est-à-dire à destination des pavillons étrangers)

[13] Hors TAAF : Les Terres australes et antarctiques françaises

dont les consommations de carburant correspondent à des liaisons entre deux ports français (cabotage ou escale technique).

En 2016, lors de la revue [14] de l'inventaire français des émissions de gaz à effet de serre, la CCNUCC a demandé que le ratio de consommation domestique des soutes soit mis à jour (régulièrement). Depuis 2023, l'accès à des données AIS [15] (positionnement des navires) couvrant les années 2018 et 2019, et à des données de la Llyod's [1339] (caractéristiques techniques des navires), via le Cerema avec l'autorisation de la Direction Générale des Affaires Maritimes, de la Pêche et de l'Aquaculture (DGAMPA), a ouvert la possibilité d'un calcul ascendant très détaillé des consommations des différents carburants utilisés par les navires réalisant des trajets domestiques et internationaux à destination et en provenance de la France hexagonale.

Le principe mis en œuvre est d'utiliser les données AIS des navires naviguant autour de la France hexagonale et d'en extraire les trajets domestiques et internationaux à destination et/ou en provenance de France hexagonale. Pour cela, un algorithme, basé sur l'algorithme du plus proche voisin, a été développé. Cet algorithme consiste à détecter les navires dans les ports français et étrangers, et ne sélectionner que les trajets effectués entre deux ports de l'hexagone, sans escale intermédiaire dans un port étranger.

Il y a deux sortes de trajectoires domestiques :

- Celle associée aux navires faisant exclusivement des trajets entre 2 ports français sans jamais aller ou venir d'un port étranger.
- Celle associée aux navires faisant un ou des trajets entre 2 ports français lors d'un trajet international en provenance ou à destination d'un port étranger.

Dans le cadre de l'inventaire national, toutes les trajectoires appartenant au premier point ci-dessus ont été gardées pour les calculs. Celles de la deuxième catégorie ont été conservées uniquement si le nombre de trajets domestiques effectué par un navire est au moins dix fois supérieur à son nombre de trajets internationaux, et que la distance parcourue lors des premiers est au moins dix fois supérieure à celle parcourue lors des seconds. Cette hypothèse a été prise de façon à choisir un maximum de trajectoires correspondant à des avitaillements en France et un minimum à des avitaillements à l'étranger, et ainsi pouvoir comparer les consommations calculées aux ventes des soutes. Choisir uniquement les trajectoires de la première catégorie exclue un nombre de trajectoire trop important.

[14] arrfra_2016_to Party for comments.pdf: ID E.25. "The ERT encourages France to conduct a new study to update the split between domestic and international navigation in the fuel sold in metropolitan France and in the overseas territories"

[15] Automatic Identification System : Système d'Authentification Automatique. Données fournies par le Cerema avec accord de la DGAMPA

En connaissant les caractéristiques de chacun des navires [1339] (type, puissance des moteurs, motorisation, carburant principal, etc.), il est possible d'appliquer une consommation spécifique (issue du 4e rapport sur les émissions de GES de l'OMI [1221]) à chaque position de ces trajets domestiques à tous les moteurs (principal, auxiliaire et chaudière) en fonction de leurs facteurs de charge instantanés respectifs pour calculer la consommation de chaque carburant (Diesel Marine Léger – DML – , fioul lourd – FOL – et gaz naturel liquéfié – GNL) utilisé.

$$Consommation\ (nav, pos, mot, carb) = \sum_{moteur} SFC(nav, carb, mot) \cdot P_{moteur} \cdot LF_{pos,moteur} \cdot \Delta t$$

Avec :

nav : type de navire

mot : motorisation (eg SSD, MSD, HSD, etc.)

$moteur$: type de moteur (principal, auxiliaire, chaudière)

$carb$: carburant (DML, FOL)

pos : position

SFC : Consommation spécifique de carburant (Specific Fuel Consumption), en g/kWh

P : Puissance, en kW

LF : Facteur de charge (sans unité)

Δt : durée entre deux positions connues du navire, en heures ;

$N(nav, mot, carb)$: ensemble des navires dont le type de navire est nav, la motorisation est mot, et le carburant est $carb$;

$PO(navire)$: ensemble des positions du navire $navire$;

TN : ensemble des types de navires.

Il est alors possible de sommer les consommations par carburant et par pavillon (sachant qu'un navire a un pavillon donné), et de les comparer aux ventes des soutes pour la période couvrant les années 2018 et 2019.

$$Consommation\ (pavillon, carb) = \sum_{nav \in TN} \sum_{navire \in N(nav,mot,carb)} \sum_{pos \in PO(navire)} Consommation\ (nav, pos, mot, carb)$$

Tableau 90 : Consommations 2018 et 2019 des trajets domestiques et comparaison aux ventes, par pavillon en prenant l'hypothèse que la Manche/Mer du Nord est une SECA.

Année	Carb.	DML			FOL			LNG	Total
	Pav.	Fr	Étr	Total	Fr	Étr	Total	Étr	
2018	Consos (t)	98 631	26 713	125 343	85 377	52 516	137 893	-	263 236
	Ventes (t)	78 400	84 900	163 300	242 300	1 603 200	1 845 500	-	2 008 800
	Ratio	126 %	31 %	77 %	35 %	3,3 %	7,5 %	*	13 %
2019	Consos (t)	102 334	23 650	125 984	86 104	65 052	151 156	682	277 822
	Ventes (t)	65 900	77 400	143 300	191 100	1 428 100	1 619 200	-	1 762 500
	Ratio	155 %	31 %	88 %	45 %	4,6 %	9,3 %	*	16 %
Total	Consos (t)	200 965	50 363	251 327	171 481	117 568	289 049	-	540 376
	Ventes (t)	144 300	162 300	306 600	433 400	3 031 300	3 464 700	-	3 771 300
	Ratio	139 %	31 %	82 %	40 %	3,9 %	8,3 %	*	14 %

*Le GNL ne figurant pas dans les ventes de carburant en France, le ratio n'est pas calculé

Même si pour les navires battant pavillon français, les consommations de DML sont plus importantes que les ventes de 39 %, il est considéré par la suite que la totalité des ventes est affectée à des trajets domestiques pour prendre en compte les incertitudes du calcul et le fait que des navires peuvent utiliser du FOL en utilisant des scrubbers dans la zone SECA (zone de contrôle des émissions de soufre) Manche/Mer du Nord.

Le Tableau 91 récapitule les hypothèses prises pour attribuer une partie des ventes de carburants aux consommations lors des trajets domestiques et internationaux. Les ratios s'appliquent aux ventes pour les pavillons français et aux ventes pour les pavillons étrangers. Ces ratios s'appliquent à partir de l'année 2015, date à laquelle la Manche/Mer du Nord est devenue une SECA. Dans cette zone, les navires doivent utiliser un carburant dont la teneur en soufre ne dépasse pas 0,1 %.

Tableau 91 : Part des ventes attribuable aux trafics domestique et international, pour les années à partir de 2015

Carburant	DML		FOL		LNG	
Pavillon	Français	Étranger	Français	Étranger	Français	Étranger
Ratio 2018-2019 Consos/ventes	139 %	31 %	40 %	3,9 %	0 %	0 %
% des ventes pour le trafic domestique	100 % (1)	30 % (2)	40 % (3)	5 % (4)	0 %	0 %
% des ventes pour le trafic international	0 %	70 %	60 %	95 %	100 %	100 %

(1) 100 % : l'inventaire national étant fondé sur les ventes effectuées en France, le ratio consommations/ventes est plafonné à 100 % des ventes
(2) 30 % = arrondi au multiple de 5 % le plus proche de 31 %
(3) 40 % = arrondi au multiple de 5 % le plus proche de 40 %
(4) 5 % = arrondi au multiple de 5 % le plus proche de 3,9 %

Comme indiqué ci-dessus, la zone SECA Manche/Mer du Nord n'est devenue une SECA que le 1er janvier 2015. Les ratios ci-dessus ne sont pas applicables aux ventes de carburants avant cette date. Pour calculer de nouveaux ratios, et sans avoir accès aux mêmes données (AIS et Llyod's) pour une année avant 2015, il a été décidé de refaire le calcul sur ces mêmes données (années 2018 et 2019) en considérant la zone Manche/Mer du Nord comme n'étant pas une SECA. Cela signifie que les navires pouvant utiliser du fioul lourd le font dans cette zone[16].

Tableau 92 : Consommations 2018 et2019 des trajets domestiques et comparaison aux ventes, par pavillon en prenant l'hypothèse que la Manche/Mer du Nord est une SECA.

Année	Carb.	DML			FOL			LNG	Total
	Pav.	Fr	Étr	Total	Fr	Étr	Total	Étr	
2018	Consos (t)	93 200	23 370	116 570	90 808	55 859	146 667	0	263 236
	Ventes (t)	78 400	84 900	163 300	242 300	1 603 200	1 845 500	0	2 008 800
	Ratio	119 %	28 %	71 %	37 %	3,5 %	7,9 %	0	13 %
2019	Consos (t)	96 634	20 162	116 796	91 804	68 540	160 345	682	277 823
	Ventes (t)	65 900	77 400	143 300	191 100	1 428 100	1 619 200	0	1 762 500
	Ratio	147 %	26 %	82 %	48 %	4,8 %	9,9 %	0	16 %
Total	Consos (t)	189 834	43 532	233 365	182 612	124 399	307 011	-	540 377
	Ventes (t)	144 300	162 300	306 600	433 400	3 031 300	3 464 700	-	3 771 300
	Ratio	132 %	27 %	76 %	42 %	4,1 %	8,9 %	*	14 %

*Le GNL ne figurant pas dans les ventes de carburant en France, le ratio n'est pas calculé

Le Tableau 93 récapitule les hypothèses prises pour attribuer une partie des ventes de carburants aux consommations lors des trajets domestiques pour les années entre 2010 et 2014.

Tableau 93 : Part des ventes attribuable aux trafics domestique et international, pour les années de 2010 à 2014

Carburant	DML		FOL		LNG	
Pavillon	Français	Étranger	Français	Étranger	Français	Étranger
% des ventes pour le trafic domestique	100 % (1)	25 % (2)	40 % (3)	5 % (4)	0 %	0 %
% des ventes pour le trafic international	0 %	75 %	60 %	95 %	100 %	100 %

(1) 100 % : l'inventaire national étant fondé sur les ventes effectuées en France, le ratio consommations/ventes est plafonné à 100 % des ventes

(2) 25 % = arrondi au multiple de 5 % le plus proche de 27,6 %

(3) 40 % = arrondi au multiple de 5 % le plus proche de 42 %

(4) 5% = arrondi au multiple de 5 % le plus proche de 4,1 %

[16] Néanmoins la directive européenne [1340] reste applicable pour les années entre 2010 et 2014.

Les données du Tableau 93 ne sont applicables qu'entre 2010 et 2014, car une directive européenne [1340] impose aux navires d'utiliser un carburant avec une basse teneur en soufre lorsqu'ils restent plus de 2 h à quai dans les ports depuis le 1er janvier 2010. Les ratios ci-dessus ne sont donc pas applicables aux ventes de carburants avant cette date. Pour calculer de nouveaux ratios, et sans avoir accès aux mêmes données (AIS et Llyod's) pour une année avant 2010, il a été décidé de refaire le calcul sur ces mêmes données (années 2018 et 2019), en considérant la zone Manche/Mer du Nord comme n'étant pas une SECA, et en considérant que les navires ne changent pas de carburant quand ils sont à quai plus de 2 h. Cela signifie que les navires pouvant utiliser du fioul lourd le font dans ces 2 cas.

Tableau 94 : Consommations 2018 et 2019 des trajets domestiques et comparaison aux ventes, par pavillon en prenant l'hypothèse que la Manche/Mer du Nord n'est pas une SECA et que les navires restant plus de 2 h à quai ne changent pas de carburant.

Année	Carb.	DML			FOL			LNG	Total
	Pav.	Fr	Étr	Total	Fr	Étr	Total	Étr	
2018	Consos (t)	53 303	9 873	63 176	130 705	69 356	200 060	0	263 236
	Ventes (t)	78 400	84 900	163 300	242 300	1 603 200	1 845 500	0	2 008 800
	Ratio	68 %	12 %	39 %	54 %	4,3 %	11 %	0	13 %
2019	Consos (t)	57283	9592	66875	131155	79110	210265	682	277 823
	Ventes (t)	65 900	77 400	143 300	191 100	1 428 100	1 619 200	0	1 762 500
	Ratio	87 %	12 %	47 %	69 %	5,5 %	13 %	0	16 %
Total	Consos (t)	110 586	19 465	130 051	261 859	148 466	410 325	-	540 377
	Ventes (t)	144 300	162 300	306 600	433 400	3 031 300	3 464 700	-	3 771 300
	Ratio	77 %	12 %	42 %	60 %	4,9 %	12 %	*	14 %

*Le GNL ne figurant pas dans les ventes de carburant en France, le ratio n'est pas calculé

Le Tableau 95 récapitule les hypothèses prises pour attribuer une partie des ventes de carburants aux consommations lors des trajets domestiques pour les années avant 2010.

Tableau 95 : Part des ventes attribuable aux trafics domestique et international, pour les années avant 2010

Carburant	DML		FOL		LNG	
Pavillon	Français	Étranger	Français	Étranger	Français	Étranger
% des ventes pour le trafic domestique	75 % (1)	10 % (2)	60 %	5 % (3)	0 %	0 %
% des ventes pour le trafic international	25 %	90 %	40 %	95 %	100 %	100 %

(1) 75 % = arrondi au multiple de 5 % le plus proche de 77 %

(2) 10 % = arrondi au multiple de 5 % le plus proche 12 %

(3) 5 % = arrondi au multiple de 5 % le plus proche de 4,9%

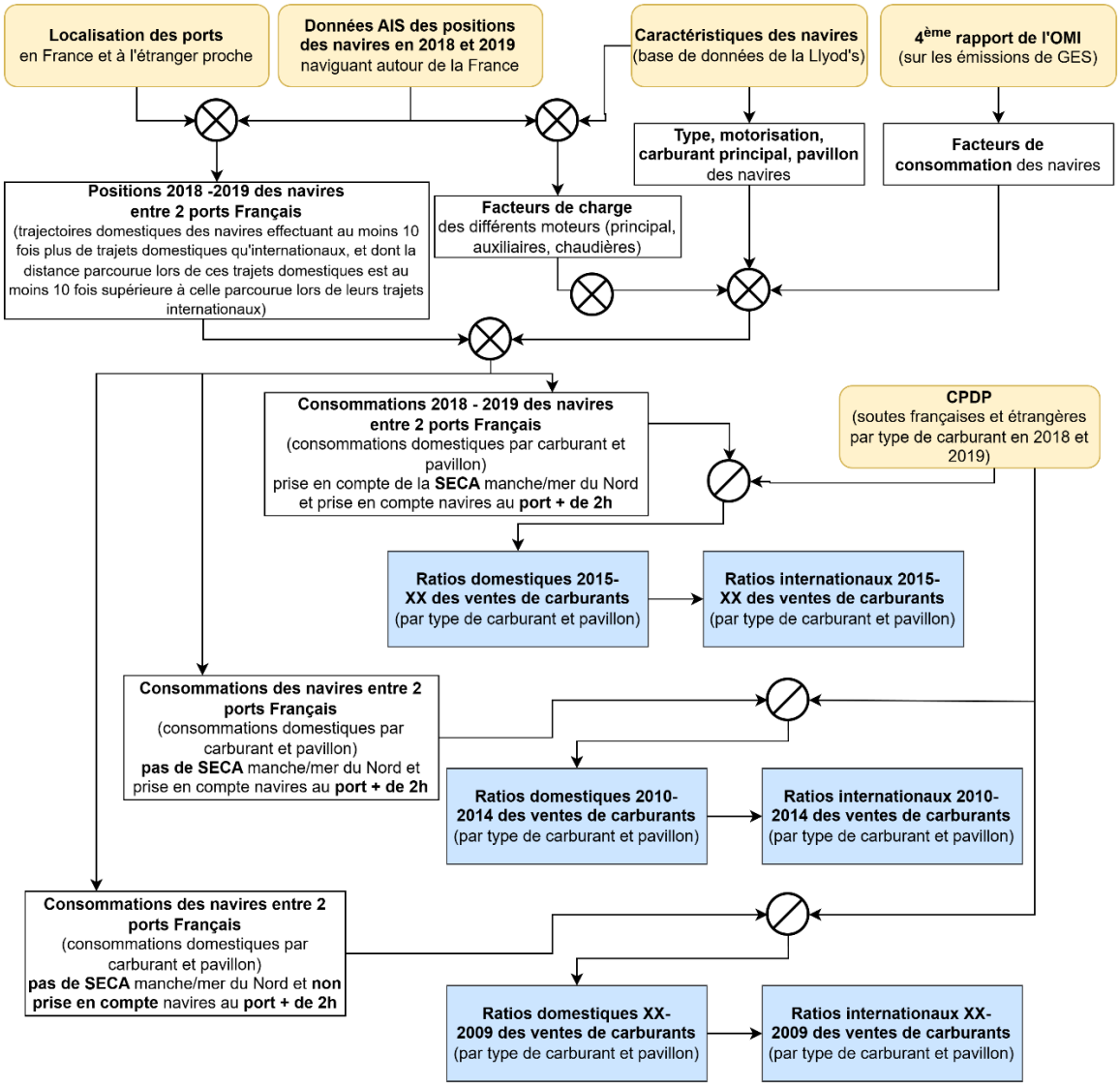


Figure 71 : logigramme de détermination des ratios de ventes de soutes maritimes à destination des trafics domestiques et internationaux

Procédure bottom-up de discernement des consommations d'huile relatives au trafic maritime domestique et trafic maritime international pour la France hexagonale

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 est brulée dans la chambre de combustion, 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.

Tableau 96 : ratios moyens de puissance entre les moteurs 2-temps et 4-temps par type de carburant

	DML	FOL
2-temps	37 %	86 %
4-temps	63 %	14 %

Consommation d'huile dans les 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 brulée 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 :

i : le type de carburant (FOL ou DML)

$C_{H_{2tps}}$: La consommation d'huile associée aux moteurs deux temps

i : $Ratio_{2tps}$: 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 (NFR 1.A.3.d.ii),

Consommation d'huile dans les 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 brule

dans la chambre de combustion du moteur. Cette hypothèse est conforme aux lignes directrices 2006 du GIEC [1282].

Les émissions relatives aux huiles des moteurs 4-temps sont rapportées dans le secteur non énergétique (NFR-2.G).

Voie navigable

- Les consommations de carburant du transport fluvial marchandise. Les activités liées à ce trafic fluvial sont issues des données du transport de marchandises du bilan annuel des transports [31, 1141]. Elles sont fournies en tonnes x kilomètres attribuées d'une part au transport domestique et d'autre part au transport international. Les consommations sont 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 (en tonnes x kilomètres) du transport de marchandises [31, 1141]. Les engins mis en œuvre sont supposés utiliser 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 diminuent depuis 1990 à cause du contexte économique et de la concurrence des ports européens, conséquence de la crise économique mondiale. Néanmoins, par moments, les soutes augmentent fortement dans un port par rapport aux autres années, ce qui a pour conséquence d'engendrer un regain temporaire des ventes nationales sur cette année, et impacte donc directement la consommation totale du trafic maritime domestique (comme en 2000 ou en 2016) qui lui est proportionnelle sur une période donnée. D'autre part, la baisse des consommations du transport fluvial peut être en grande partie expliquée par la baisse de l'activité du trafic (Figure 72).

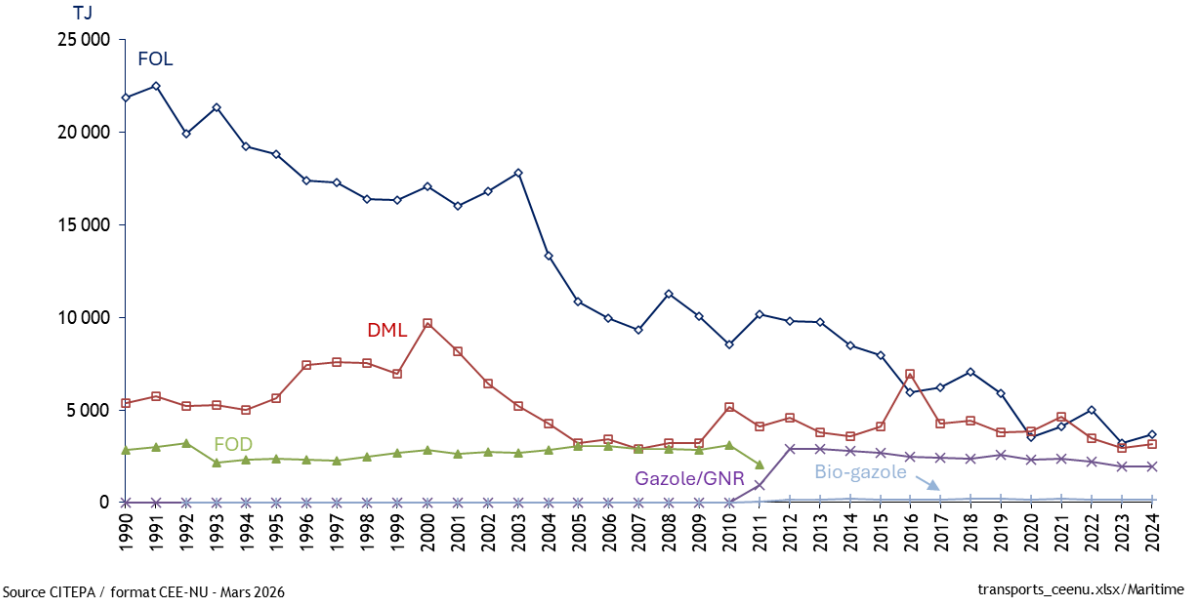


Figure 72 : Consommations des différentes énergies (y compris agro-carburants) en France hexagonale du transport maritime domestique (1.A.3.d.)

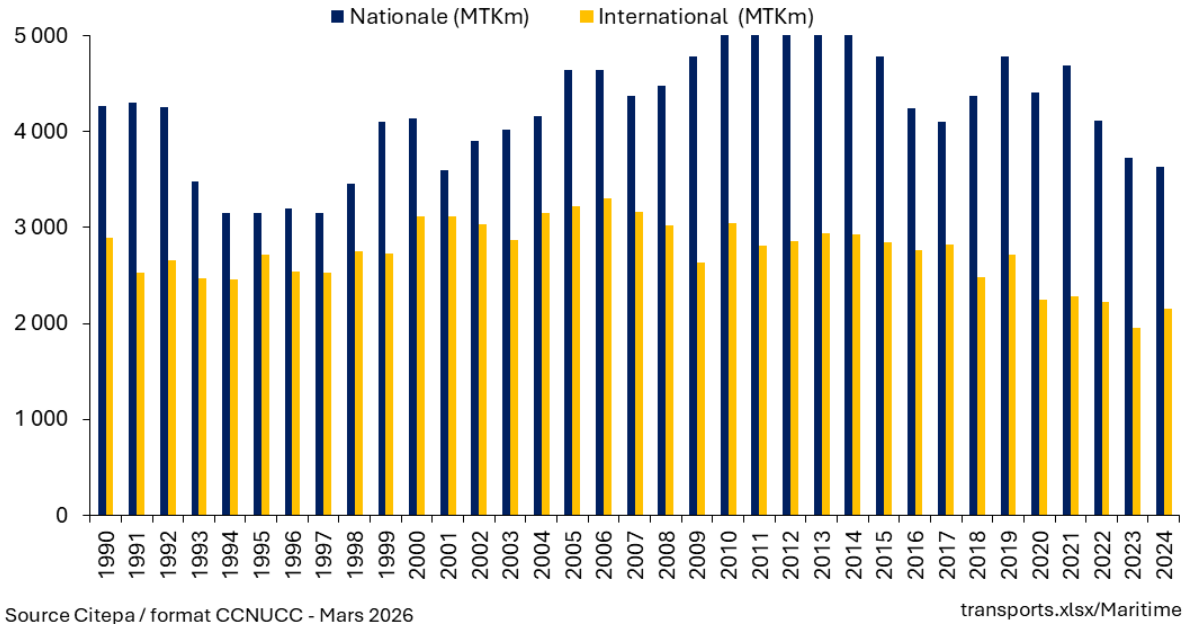


Figure 73 : Répartition des tonnes x kilomètres du transport fluvial de marchandises entre la partie domestique et internationale.

3.6.1.5 Stations de compression du réseau de transport et de distribution de gaz (NFR 1A3ei)

Le secteur 1.A.3.e. n'est pas une catégorie-clé en 2024, 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. Après un rebond en 2022 se rapprochant des niveaux pré-covid, celles-ci enregistrent une tendance à la baisse en 2023.

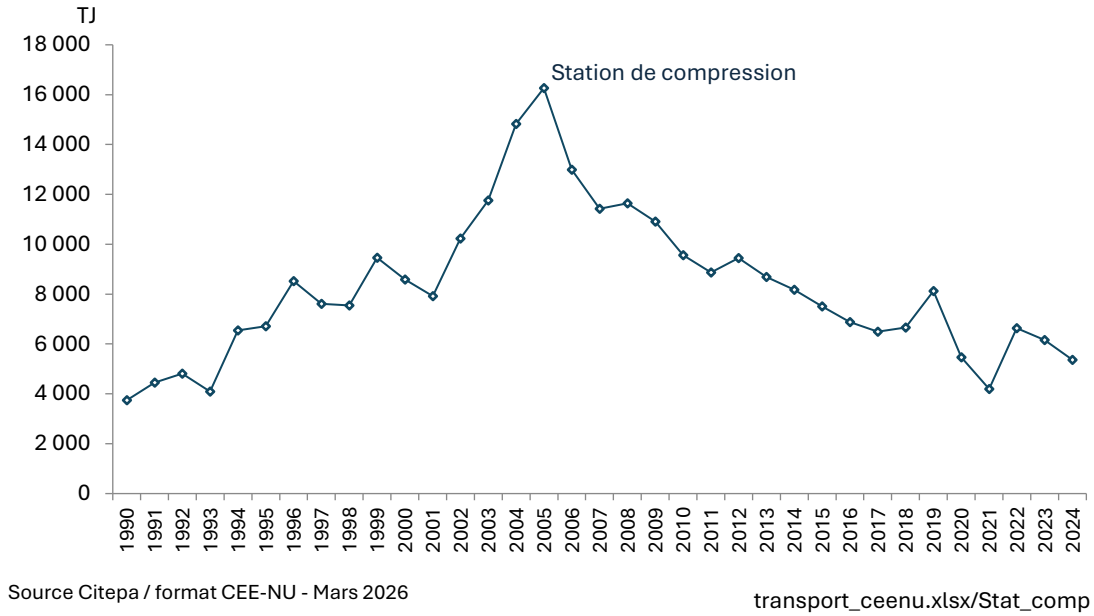


Figure 74 : Consommations d'énergies (gaz naturel) en France hexagonale

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 acticités 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).

3.6.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/.

3.6.2.1 Transport aérien (NFR 1A3a)

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 entre un million et un million cinq cent mille 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. 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_2

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, le biokérosène 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 NOx, 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, 128, 1299]. Par conséquence 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_3

Les émissions de NH_3 sont supposées négligeables et donc non estimées.

Emissions de particules en suspension TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$, 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 ($PM_{CR,FOA3}$) sont calculées à partir du ratio entre les émissions de PM du cycle LTO par la méthode FOA3 ($PM_{LTO,FOA3}$) et les consommations du cycle LTO ($Conso_{LTO}$), auquel on multiplie les consommations de la croisière ($Conso_{CR}$).

$$PM_{CR,FOA3} = \frac{PM_{LTO,FOA3}}{Conso_{LTO}} Conso_{CR}$$

Pour la combustion (hors APU), les émissions de PM1.0 sont calculées à partir d'une spéciation des émissions de PM2.5. Le ratio appliqué est de 82% de PM2.5. 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 (vols dont la distance est de généralement moins de 1 500 km, avec des durées de vol de moins de 4 h) et moyen-courrier (vols dont la distance varie entre 1 500 à 4 000 km, avec des durées de vol de 4 à 6 h) d'une part et long-courrier (vols dont la distance dépasse 4 000 km, avec des durées de vol pouvant aller parfois jusqu'à 12 h) d'autre part [128].

Tableau 97 : facteurs d'émission de particules pour la combustion dans les APU

APU	Cours et moyens courriers g/t	Longs courriers g/t
TSP	25,0	40,0
PM_{10}	25,0	40,0
$PM_{2.5}$	20,6	33,8
$PM_{1.0}$	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 $PM_{2.5}$. Les ratios appliqués proviennent du guide méthodologique EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1286]. Les ratios appliqués sont de 57 % de $PM_{2.5}$ pour le kérosène et de 18 % des PM2.5 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 fonction du 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 guide méthodologique EMEP n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

Emissions de 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 part de plomb.

Le facteur d'émission de plomb pour l'essence avion est de 0,560 g Pb/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.

Emissions de Dioxines et furannes (PCDD-F)

Ces émissions ne sont pas prises en compte actuellement dans l'inventaire.

Emissions de Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Ces émissions ne sont pas prises en compte actuellement dans l'inventaire.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Les émissions de PCB liées à la combustion sont considérées comme nulles ou négligeables, et donc non estimées.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Ces émissions ne sont pas prises en compte actuellement dans l'inventaire.

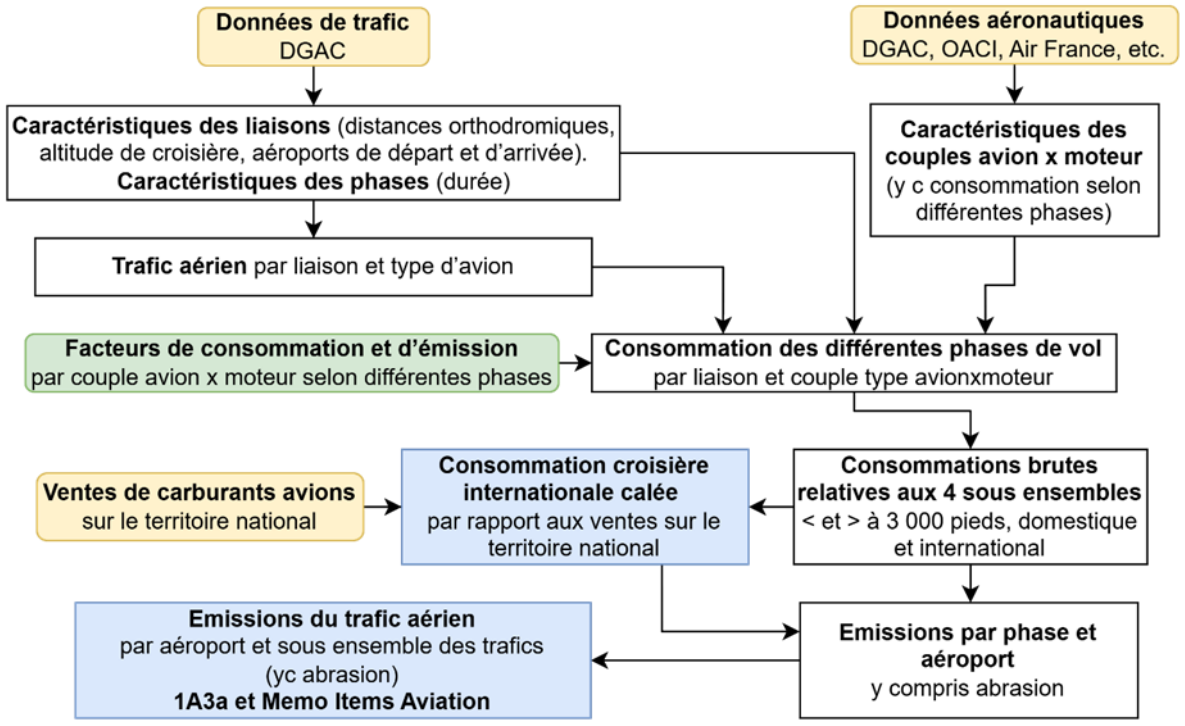


Figure 75 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport aérien

3.6.2.2 Transport routier (NFR 1A3b)

La méthode d'estimation des émissions appliquée est la méthode de rang 3 (méthodologie d'émissions du guide méthodologique EMEP/EEA avec l'usage de certains paramètres par défaut du modèle COPERT correspondant à la version du guide méthodologique pris en référence, sauf indication contraire), avec des facteurs d'émission prenant en compte les conditions de trafic national, pour CO, NOx, COVNM, NH_3, PM, c'est-à-dire volumes de trafic par type de véhicule, vitesses en milieux urbain, rural, et autoroute, et les différents types de motorisation en fonction des normes Euro.

SO_2, 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.

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.

Toutefois 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 des fluides frigorigènes rapportés dans la catégorie CRT 2.F.1,
- des émissions de CO2 liées à l'utilisation de l'urée dans les systèmes de réduction catalytique sélective des NOx (Selective Catalyst Reduction, SCR), rapportés dans la catégorie CRT 2.D.3.4 « autres usages non énergétiques de produits »,
- des émissions de CO2 liées à la combustion des huiles dans les moteurs 4-temps (usage non énergétique), rapportées dans la catégorie CRT 2.D.1 (les autres polluants sont rapportés en NFR 2.G).

Les données pour le calcul des émissions du transport routier

L'estimation des émissions des véhicules routiers liées à la combustion et à l'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 ou de carburant : essence, Diesel, bicarburation, GPLc, GNV, etc.,
  - Catégorie du véhicule en fonction de sa 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 du trafic selon le type de voie et les comportements routiers (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 de la méthodologie EMEP/EEA [1281], des vitesses par type de 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).

Le calcul des émissions se fait en trois étapes clés :

- Etape 1 : Calcul du parc statique (nombre) des véhicules immatriculés en France avec le modèle OPALE ;
- Etape 2 : Calcul des données nécessaires à la mise en œuvre de la méthodologie ;
- Etape 3 : Calcul des émissions.

Etape 1 : Calcul du parc statique (nombre) des véhicules immatriculés en France avec le modèle OPALE

Le modèle OPALE (Ordonnancement du Parc Automobile en Liaison avec les Emissions) été développé par le Citepa pour établir un parc statique détaillé des véhicules immatriculés en France à partir des données statistiques disponibles [31, 54, 55, 56, 57, 58, 311, 387, 546, 1141, 1156, 1289] qui soit compatible avec la méthodologie EMEP/EEA de rang 3 [1281].

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/PTAC, rattachement aux normes d'émissions). A partir d'un parc statique détaillé, estimé pour l'année 1960, le calcul de parc dans OPALE se déroule ainsi selon les étapes suivantes, pour chaque année d'évaluation :

i Calcul du parc des véhicules en circulation à partir du parc global de référence (donnée d'entrée) :

- Pour les années 1961 à 2000 (1961 à l'année en cours pour les 2 roues) : Application de taux de survie en fonction de l'âge des véhicules à la structure fine du parc de l'année précédente. Ces taux, calculés à partir du parc global de référence ou issus de la littérature, permettent d'enlever, chaque année, un certain nombre de véhicules en vieillissant le parc.
- Pour les années 2010 à l'année en cours (hors 2 roues) : Les données du parc global de référence comportent un détail plus fin (incluant la motorisation). Le parc est alors désagrégé au prorata des données historiques d'immatriculations des véhicules neufs (type de véhicule, type de motorisation, cylindrée/PTAC).

- Pour les années 2001 à 2009 (hors 2 roues) : afin d'assurer la continuité et la cohérence entre les deux séries de données, un ajustement du parc global de référence au niveau de détail de la série la plus récente (série 2010 à l'année en cours, cf. point précédent) est mis en œuvre : parc en fonction de l'âge, par type de véhicule et motorisation. Le même principe de calcul que pour la série récente est alors appliqué : le parc de référence ajusté est désagrégé au prorata des données historiques d'immatriculations des véhicules neufs.

ii Calcul du parc des véhicules neufs : Ajout, au parc précédent, du parc de véhicules neufs basé sur les données statistiques d'immatriculations des véhicules neufs (issues de données statistiques [55, 56, 1289].

iii Calage : Pour les années 1961 à 2000 (1960 à l'année en cours pour les 2 roues), le parc résultant est ajusté afin de correspondre au parc global de référence issu de données statistiques [54, 546, 551, 1156].

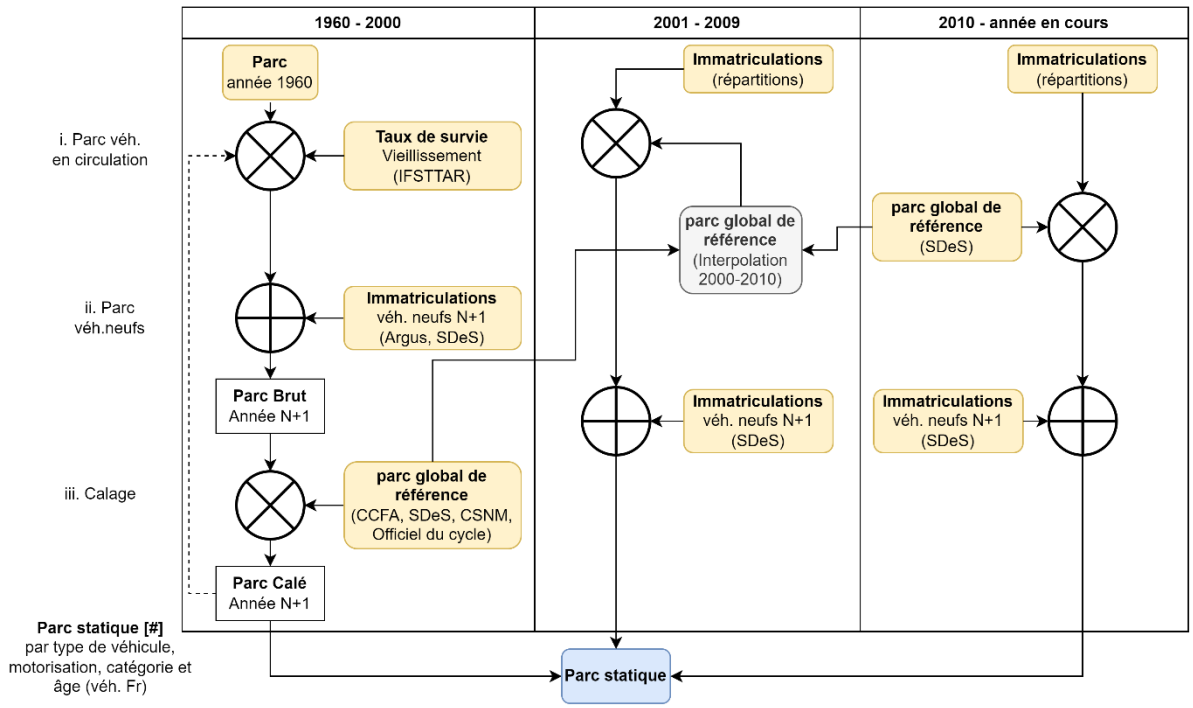


Figure 76 : Logigramme du processus de calcul du parc de véhicules français avec le modèle OPALE.

L'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].

Par principe de calcul, le modèle OPALE estime un parc statique au 31 décembre de chaque année, et pour chaque classe (type de véhicules, motorisation, cylindrée/PTAC, norme). Ce principe méthodologique est appliqué 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 4e année pour les VP et VUL, tous les ans à partir de la 1ère année pour les PL et tous les 6 mois à partir du 6e 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 sur les 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 et motorsiation :
  - Poids-lourds rigides diesel ;
  - Poids-lourds articulés diesel ;

- Poids-lourds essence.

Pour la période depuis 2001, le parc est calculé selon l'équation suivante :

$$Parc_{OPALE}(n, type, moteur, catégorie, \hat{a}ge, norme) = \frac{immat(n - \hat{a}ge, type, moteur, catégorie)}{\sum_{catégorie} immat(n - \hat{a}ge, type, moteur, catégorie)} \times c_{Euro}(norme) \times ParcCalage(n, type, moteur, \hat{a}ge)$$

Où :

$Parc_{OPALE}$: Parc statique calculé au format inventaire [nombre de véhicules] ;

n : Année d'évaluation ;

$type$: Type de véhicules [VP, VUL, PL rigide, PL articulé, Bus ou Car] ;

$moteur$: Type de motorisation/carburant [diesel, essence, électrique ou hybride rechargeable] ;

$catégorie$: Catégorie du véhicule en fonction de sa taille ou masse ;

$\hat{a}ge$: Age du véhicule ;

$norme$: norme Euro correspondante à l'année de première mise en circulation du véhicule, selon son $\hat{a}ge$;

$immat$: Nombre d'immatriculations de véhicules neufs ;

c_{Euro} : coefficient de transition des normes Euro ;

$ParcCalage$: Le parc global de référence issu des données statistiques.

L'hypothèse globale est appliquée que 30 % des immatriculations dans l'année qui précèdent la mise en place d'une norme sont conformes à ladite norme. Ainsi, pour une même année d'évaluation n, deux normes Euro successives peuvent intégrer le parc en circulation. Dans ce cas, c_{Euro} vaut 0,7 pour l'ancienne norme et 0,3 pour la norme suivante. Dans les autres cas, c_{Euro}vaut 1,0.

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 et type de motorisation :
    - 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 [546] 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 cm3, 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].Le parc final est déterminé en calculant le parc à mi-année par moyenne arithmétique de deux années consécutives des parcs. La formule appliquée est la suivante :

$$Parc_{OPALE,mi-année}(n, type, moteur, catégorie, âge, norme) = \left\{ \begin{matrix} Parc_{OPALE}(n-1, type, moteur, catégorie, âge, norme) + \\ Parc_{OPALE}(n, type, moteur, catégorie, âge, norme) \end{matrix} \right\} /2$$

Pour passer à l'étape suivante, le jeu de données de base résultant de la présente étape est utilisé :

$$Parc_{OPALE,mi-année}$$

Etape 2 : Calcul des données nécessaires à la mise en œuvre de la méthodologie de calcul des émissions

La deuxième étape clé pour les calculs d'émission consiste à réaliser une série de traitements et de calculs afin d'obtenir, par année d'évaluation n, les données de base suivantes :

- Les consommations de carburants calées sur les ventes de carburant en France,
- Le parc statique des véhicules roulant sur la prise de carburant en France,
- Les distances annuelles parcourues par les véhicules,
- La répartition du trafic sur les trois réseaux (urbain, rural, autoroute).

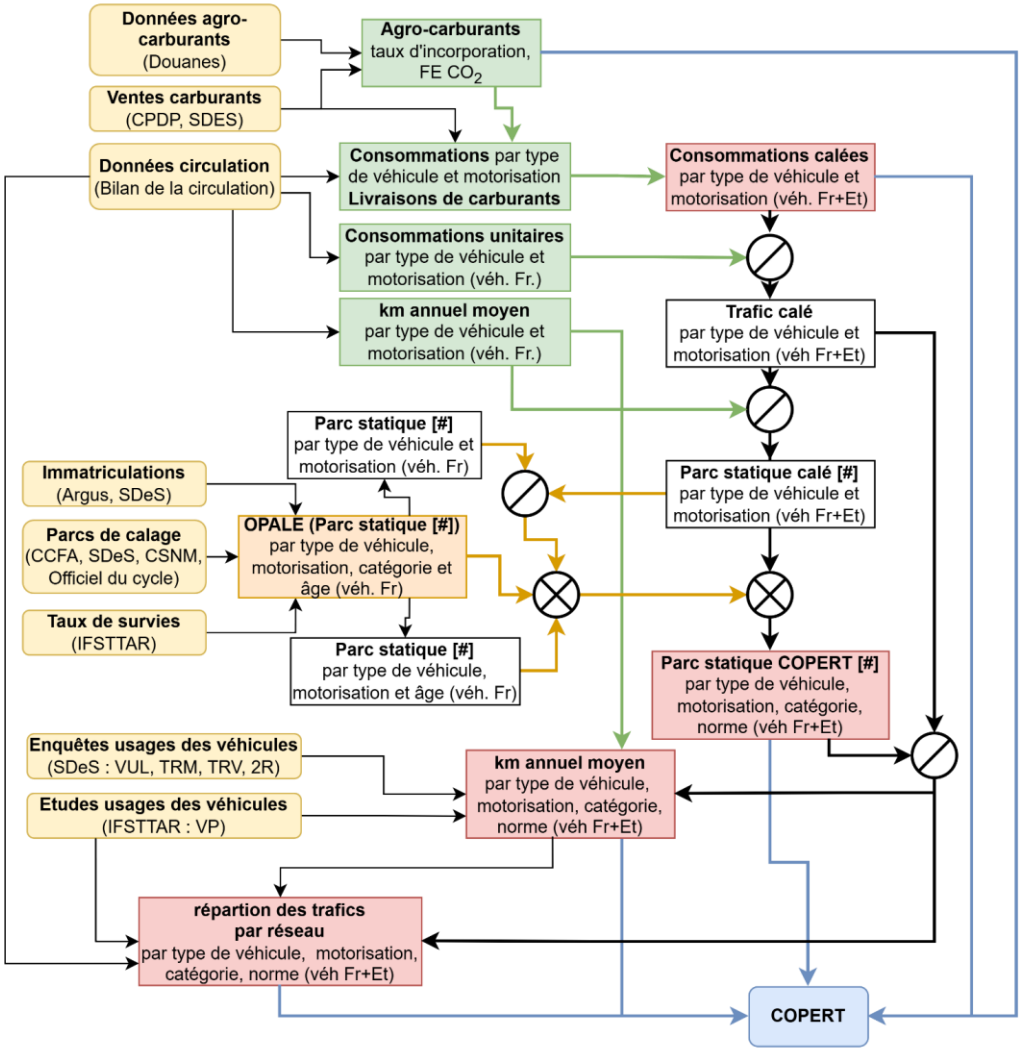


Figure 77 : Logigramme du processus d'estimation des données nécessaires au calcul des émissions par le modèle COPERT.

Les consommations de carburants calées sur les ventes en France

Pour les véhicules français et étrangers, les consommations de carburants, calées sur les ventes en France hexagonale $Conso_{calé,Fr+Et}$, par $type/\ moteur$ sont estimées à partir des consommations sur le territoire hexagonal au même niveau de détail $Conso_{territoire,Fr+Et}$ et du solde aux frontières $Solde$ issues du bilan de la circulation[17] [31, 1141] :

$$Conso_{calé,Fr+Et}(type, moteur) = Conso_{territoire,Fr+Et}(type, moteur) \times \frac{Solde + \sum_{type} Conso_{territoire,Fr+Et}(type, moteur)}{\sum_{type} Conso_{territoire,Fr+Et}(type, moteur)}$$

$type$ =2 roues, VP, VUL, PL, Bus et cars

$moteur$ = type de motorisation/carburant [Diesel, essence, électrique ou hybride rechargeable].

La différenciation entre les livraisons (ventes CPDP [14] auxquelles sont soustraits les usages non routiers) et les consommations sur le territoire français hexagonal [31, 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 atmosphériques 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 du bilan de la circulation [31, 1141] sont des estimations de consommation sur le territoire français hexagonal (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 du bilan de la circulation [31, 1141] sont recalés sur les livraisons de carburant du transport routier. Ces dernières sont déterminées comme les livraisons de carburant auxquelles sont soustraites les consommations des usages non routiers estimées par le bilan de la circulation [31, 1141].

Le parc statique des véhicules roulant sur la prise de carburant en France

Le parc statique calculé précédemment $Parc_{OPALE,mi-année}$ correspond aux véhicules immatriculés en France. Toutefois, puisque les ventes en France concernent aussi bien

[17] 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).

des véhicules français que des véhicules étrangers, il convient d'estimer le parc de véhicules français et étrangers roulant sur la prise de carburant en France, comme décrit ci-après.

Le trafic $Trafic_{calé,Fr+Et}$, exprimé en véhicules x kilomètres, par $type$ et $moteur$ (Diesel ou essence uniquement), calé sur les ventes de carburants en France hexagonale est obtenu en divisant les consommations obtenues précédemment par la consommation unitaire [31, 1141] $ConsoUnitaire_{Fr+Et}$, soit :

$$Trafic_{calé,Fr+Et}(type, moteur[Diesel, essence]) = \frac{Conso_{calé,Fr+Et}(type, moteur)}{ConsoUnitaire_{Fr}(type, moteur)}$$

Ce trafic résultant, aussi nommé parc roulant, correspond au trafic des véhicules circulant sur la prise de carburant en France.

A défaut d'informations aussi détaillées que pour les véhicules ci-dessus, pour les véhicules électriques, GPL et GNV, le calcul suivant est appliqué à partir des kilométrages annuels moyens KMA_{STAT} [31, 1141] fournis par type et moteur :

$$\begin{aligned} &Trafic_{calé,Fr+Et}(type, moteur[\text{électrique, GPL, GNV}]) \\ &= \sum_{catégorie,âge,norme} Parc_{OPALE,mi-année}(type, moteur, catégorie, âge, norme) \\ &\times KMA_{STAT}(type, moteur) \end{aligned}$$

Pour les années d'évaluation où les données statistiques KMA_{STAT} ne sont pas disponibles pour les véhicules électriques, GNV et GPL de manière spécifique, les KMA_{STAT} des véhicules à essence de même type sont utilisés comme référence.

Dans la suite des calculs, pour déterminer le parc roulant sur la prise de carburant français $Parc_{calé,Fr+Et}$, en nombre de véhicules, le $Trafic_{calé,Fr+Et}$ est, divisé par les kilométrages annuels moyens KMA_{STAT} [31, 1141]

$$Parc_{calé,Fr+Et}(type, moteur) = \frac{Trafic_{calé,Fr+Et}(type, moteur)}{KMA_{STAT}(type, moteur)}$$

Le ratio entre $Parc_{calé,Fr+Et}$ et $Parc_{OPALE,mi-année}$ fournit le coefficient moyen $\bar{\alpha}$ qui intègre la part de véhicules étrangers dans le parc de véhicules roulant sur la prise de carburant en France :

$$\bar{\alpha}(type, moteur) = \frac{Parc_{calé,Fr+Et}(type, moteur)}{Parc_{OPALE,mi-année}(type, moteur)}$$

$$\begin{cases} si\ \bar{\alpha} > 1 \rightarrow de\ véhicules\ étrangers\ intègrent\ le\ parc \\ si\ \bar{\alpha} < 1 \rightarrow de\ véhicules\ français\ quittent\ le\ parc \end{cases}$$

L'hypothèse, que les véhicules étrangers ayant fait une prise de carburant en France sont plus jeunes que le parc français, est appliquée. Le parc final au niveau le plus fin Parc_FINAL est alors calculé comme suit :

$$Parc_{FINAL}(type, moteur, catégorie, âge, norme) = Parc_{OPALE,mi-année}(type, moteur, catégorie, âge, norme) \times \alpha(type, moteur, catégorie, âge, norme)$$

La distribution par âge du coefficient α est définie par :

$$\alpha(type, moteur, âge) = \alpha_0(type, moteur)^{âge_{max} - âge}$$

Où :

$âge_{max}$ = longévité maximum des véhicules (30 ans pour VP, VUL, bus, cars et PL, 15 ans pour les 2 roues) ;

α_0 est un paramètre déterminé de manière à respecter la contrainte globale $\bar{\alpha}$, selon un principe d'optimisation sous contraintes :

$$\frac{\sum_{catégorie,âge,norme} \alpha(type, moteur, âge) \times Parc_{OPALE,mi-année}(type, moteur, catégorie, âge, norme)}{\sum_{catégorie,âge,norme} Parc_{OPALE,mi-année}(type, moteur, catégorie, âge, norme)} = \bar{\alpha}(type, moteur)$$

Cette définition garantit que :

$$\sum_{catégorie,âge,norme} Parc_{FINAL}(type, moteur, catégorie, âge, norme) = Parc_{calé,Fr+Et}(type, moteur)$$

Cette hypothèse ne s'applique qu'aux VP essence et Diesel, VUL essence et Diesel, PL Diesel et cars Diesel. L'hypothèse que les VP et les VUL GPL et GNV, les bus Diesel et GNV, les 2 roues ainsi que tous les véhicules de motorisation électrique sont des véhicules exclusivement français est prise en compte, soit $\bar{\alpha}$=1 et α=1.

Les distances annuelles parcourues par les véhicules

Les distances annuelles parcourues par les véhicules KMA_{FINAL} , exprimées en kilomètres, sont obtenues au même niveau de détail que le parc statique Elles sont initialement fixées à partir de diverses études [31, 58, 311], et des règles logiques sont respectées, telles que la décroissance de ces distances en fonction de l'âge du véhicule [547, 548, 549, 550, 551. Ensuite, un bouclage de ces valeurs sur les kilomètres parcourus issus des données statistiques KMA_{STAT} [31, 1141] ajustés est assuré par

$type$ et $moteur$. Pour la série récente hors 2-roues, depuis 2010, les données du bilan de la circulation [1141] présentent les kilomètres parcourus par $type$,$moteur$ et âge.

Le calage des $KMA_{FINAL,Fr+Et}$sur les données statistiques suit donc le principe suivant en deux étapes, où $classe = (catégorie, âge, norme)$:

$$\frac{\sum_{classe}\left(KMA_0(type, moteur, classe) \times Parc_{FINAL}(type, moteur, classe)\right)}{\sum_{classe} Parc_{FINAL}(type, moteur, classe)} = KMA_{STAT}(type, moteur)$$

Pour les années antérieures à 1990, les valeurs de $KMA_{STAT}(n = 1990, type, moteur)$sont gardées comme référence.

Une deuxième étape d'ajustement est réalisée afin d'assurer la cohérence entre les KMA_0 et les $Trafic_{calé,Fr+Et}$:

$$KMA_{FINAL}(type, moteur, classe) = KMA_0(type, moteur, classe) \times \frac{Trafic_{calé,Fr+Et}(type, moteur)}{\sum_{classe}\left(KMA_0(type, moteur, classe) \times Parc_{FINAL}(type, moteur, classe)\right)}$$

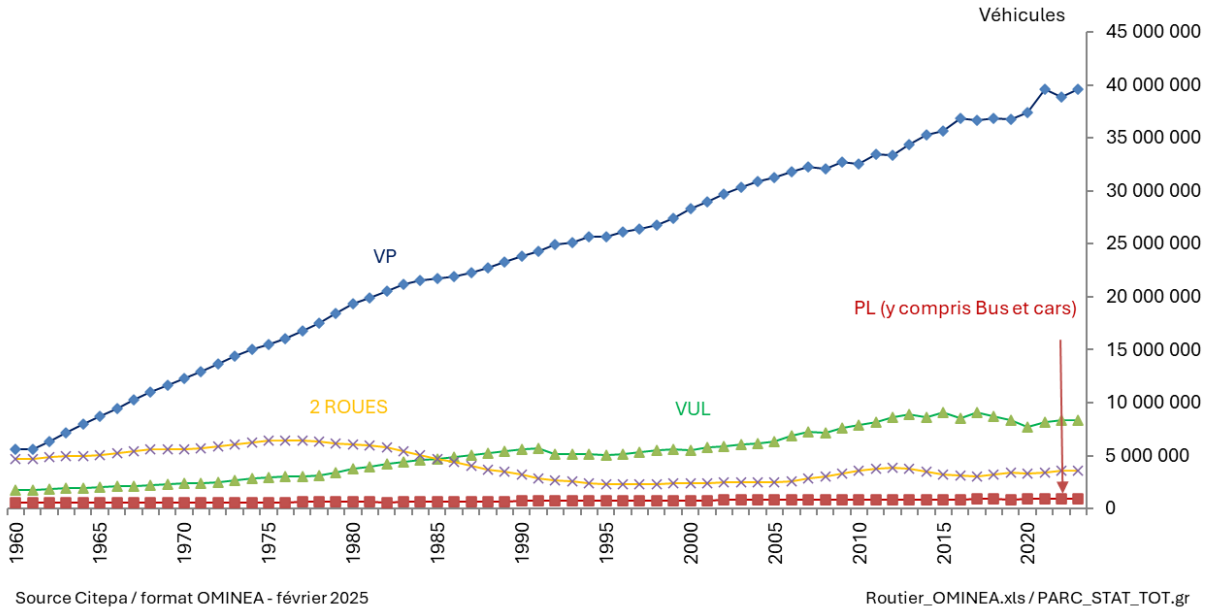


Figure 78 : Parc statique (Nombre) des véhicules routiers en France Hexagonale

La répartition du trafic sur les trois réseaux (urbain, rural, autoroute)

Le trafic $Trafic_{FINAL}$ au niveau fin résulte du produit entre $Parc_{FINAL,Fr+Et}$, KMA_{FINAL} et la répartition en pourcentage $\%Trafic_{STAT}$ de ce trafic sur les trois réseaux (urbain, rural, autoroute) $réseau$. Cette répartition est estimée à partir d'éléments relatifs présentés

dans le rapport de l'IFSTTAR [547] et fait l'objet d'un recalage sur la répartition par réseau du bilan de la circulation [31, 1141], tous véhicules confondus.

Le trafic au niveau fin est défini par :

$$Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe) = Parc_{FINAL}(type, moteur, classe) \times KMA_{FINAL}(type, moteur, classe)$$

La répartition par réseau est ensuite appliquée :

$$Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe, réseau) = Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe) \times \%Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe, réseau)$$

Avec les contraintes de cohérence :

$$\sum_{classe,réseau} Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe, réseau) = Trafic_{calé,Fr+Et}(type, moteur)$$

Et :

$$\frac{\sum_{type,moteur,classe} \%Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe, réseau)}{\sum_{type,moteur,classe,réseau} \%Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe, réseau)} = \%Trafic_{STAT}(réseau)$$

Où :

$$\sum_{réseau} \%Trafic_{STAT} = 1$$

Pour passer à l'étape suivante, les quatre jeux de données de base résultant de la présente étape sont utilisés :

$\boldsymbol{Parc_{FINAL}}$, $\boldsymbol{KMA_{FINAL}}$, $\%\boldsymbol{Trafic_{FINAL}}$ et $\boldsymbol{Conso_{calé,Fr+Et}}$.

Etape 3 : Calcul des émissions : La méthodologie COPERT [1281]

Les méthodologies les plus fines de l'EMEP sont utilisées pour estimer les émissions. La méthodologie de rang 3 est utilisée pour les émissions à l'échappement [1281] et par évaporation [1419], tandis que la méthodologie de rang 2 est appliquée aux émissions liées à l'abrasion [1286]. Ses données d'entrée utilisées sont celles mentionnées précédemment, qui sont également utilisées pour les calculs des autres types d'émissions (liées à l'utilisation des climatisations). Le processus détaillé ci-après est réalisé par année d'évaluation n.

Réalisation des balances énergétiques

Pour la réalisation des calculs de consommation de carburants, et de la balance énergétique par la suite, le calcul des consommations unitaires est d'abord réalisé selon la méthodologie de rang 3 de l'EMEP/EEA [1281] en fonction des vitesses associées au type de réseau vit, soit :

$$CU_{EMEP}(type, moteur, catégorie, âge, norme, vit)$$

La variation des vitesses sur les différents réseaux (urbain, rural, autoroute) [546] est prise en compte pour représenter au mieux la réalité des conditions de trafic en France hexagonale.

En complément, les consommations unitaires de la base de données de l'EEA CU_{EEA} [545] sont utilisées pour ajuster l'évolution des CU_{EMEP} d'une norme à l'autre, à parc de véhicules constants $(type, moteur, catégorie, âge, vit)$. L'objectif est que les consommations unitaires ajustées soient cohérentes avec les spécificités du parc et les conditions de trafic en France hexagonale.

$$\begin{aligned} CU_{EMEP-ajusté}(type, moteur, catégorie, âge, norme, réseau, vit) \\ = CU_{EMEP}(type, moteur, catégorie, âge, norme, réseau, vit) \\ \times \frac{CU_{EEA}(type, moteur, âge)}{CU_{EEA}(type, moteur, âge - 1)} \end{aligned}$$

Le calage de ces consommations calculées sur les $Conso_{calé,Fr+Et}$, par type et moteur, conduit à un processus d'ajustement des consommations unitaires afin d'obtenir des balances énergétiques. Cet ajustement est réalisé de telle sorte que les moyennes des consommations unitaires par type et moteur correspondent aux CU_{STAT} issues du bilan de la circulation [1141].

Les consommations de carburant (essence + bio-essence, gazole + bio-gazole, GPLc, GNV) sont ainsi calculées selon l'équation suivante, où $classe = (catégorie, âge, norme)$:

$$\begin{aligned} conso_{FINAL}(type, moteur) \\ = \sum_{classe,réseau} Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe, réseau) \\ \times \Big(CU_{EMEP-ajusté}(type, moteur, classe, réseau, vit) \\ \times c_{calage}(type, moteur) \Big) \end{aligned}$$

Les coefficients de calage c_{calage} pour la réalisation des balances énergétiques sont calculés de manière à converger vers la satisfaction simultanée des deux objectifs suivants, selon un principe d'optimisation sous contraintes :

$$conso_{FINAL}(type, moteur) = Conso_{calé,Fr+Et}(type, moteur)$$

Et

$$\frac{conso_{FINAL}(type, moteur)}{\sum_{classe,réseau} Trafic_{FINAL}(type, moteur, classe, réseau)} = CU_{STAT}(type, moteur)$$

Pour les véhicules à GPL et à GNV, les $Conso_{calé,Fr+Et}$ proviennent des données statistiques, respectivement [14] et [1].

Pour les années d'évaluation antérieures à 1990, les données de vente sont fournies de telle sorte que les $Conso_{calé,Fr+Et}$ soient disponibles par moteur, la balance énergétique réalisée de manière agrégée, en cohérence avec ce niveau de détail. En outre, à défaut de données de CU_{STAT}, les coefficients de calage c_{calage} appliqués en 1990 sont conservés constants.

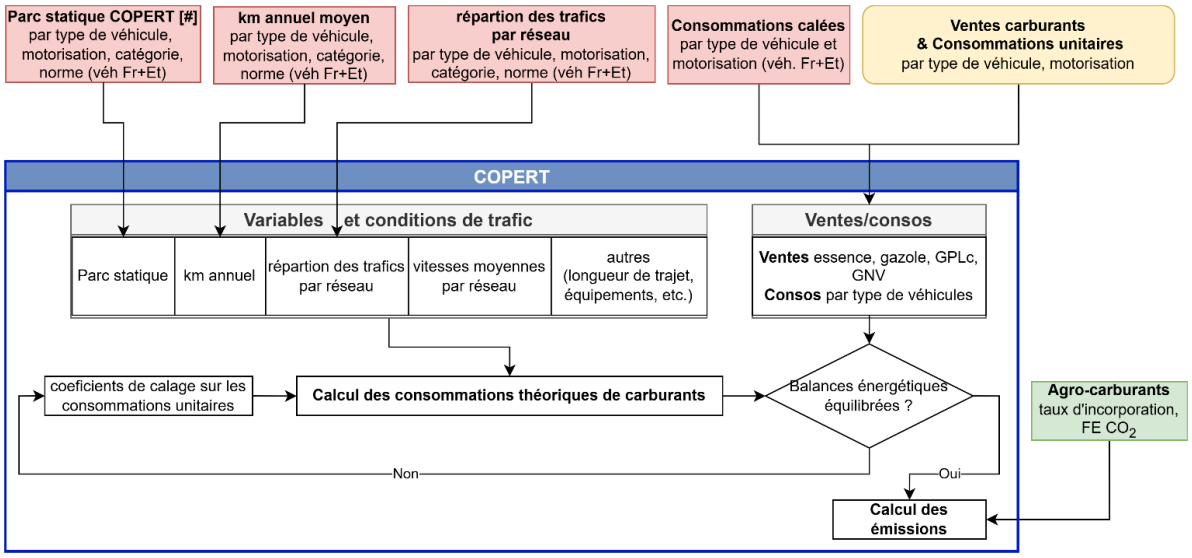


Figure 79 : logigramme de processus d'estimation des émissions par la méthodologie de rang 3 de l'EMEP/EEA pour le transport routier

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.

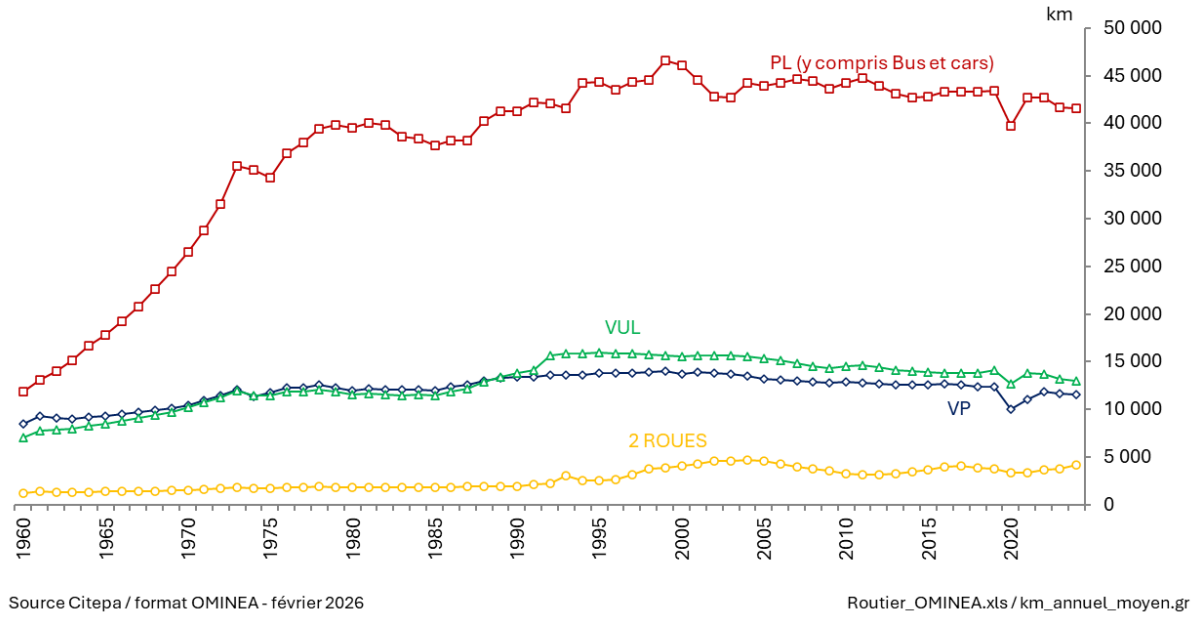


Figure 80 : Kilométrage moyen des véhicules routiers en France Hexagonale

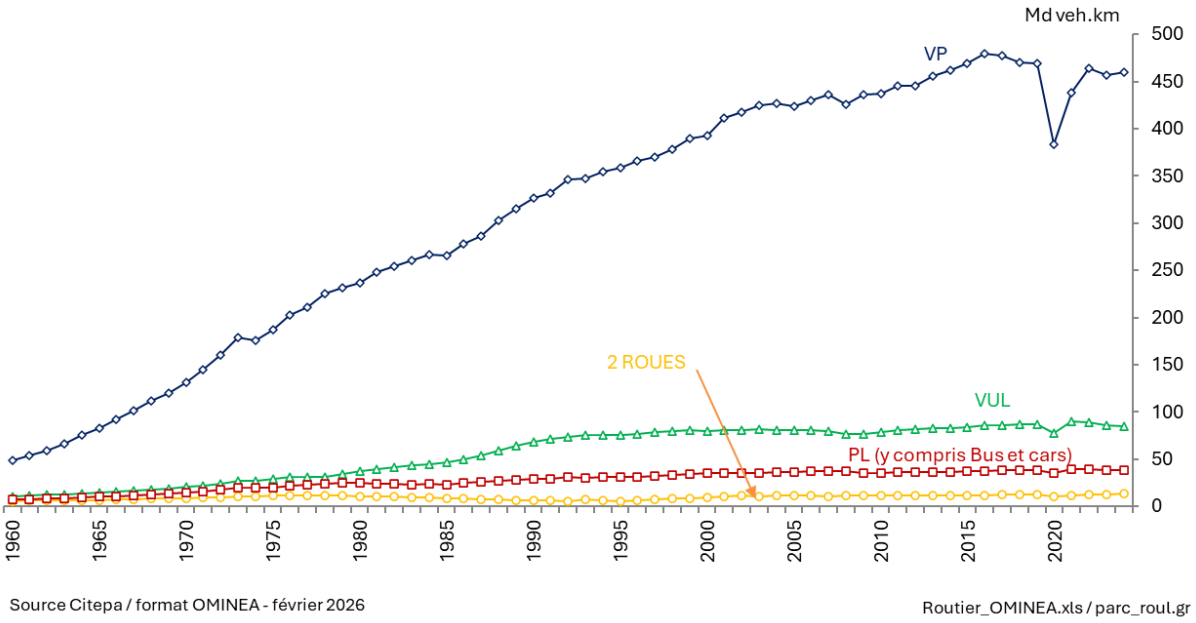


Figure 81 : Parc roulant (véhicules x kilomètre) des véhicules routiers en France Hexagonale

Calcul des émissions pour les émissions à l'échappement et par évaporation

Dans un deuxième temps, la méthodologie EMEP/EEA 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 [1419].

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 dans les moteurs 4 temps 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 mobylettes 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/CRT-2.D.1)

<u>Les données de calcul pour les émissions liées à l'abrasion</u>

1/ Usure des plaquettes de freins et des pneus [499, 1186, 1281] :

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 ou de 10 ans maximum. 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 la méthodologie EMEP/EEA. 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_2

Les émissions de SO_2 sont fonction du contenu en soufre des carburants.

Pour estimer les émissions de SO_2 issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de SO_2 des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

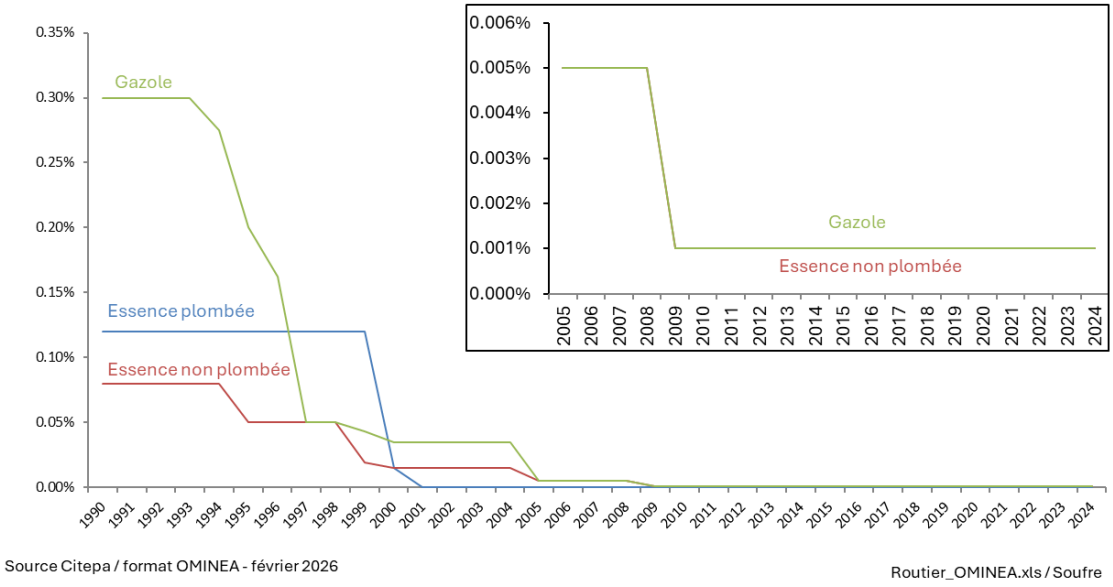


Figure 82 : Evolution des teneurs en soufre des carburants

Emissions de NOx

Les facteurs d'émission de NOx sont issus du guide méthodologique EMEP/EEA [1281].

Pour estimer les émissions de NOx issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de NOx 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 guide méthodologique EMEP/EEA [1281, 1419].

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 guide méthodologique 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_3

Les facteurs d'émission de NH_3 sont issus du guide méthodologique EMEP/EEA [1281].

Pour estimer les émissions de NH_3 issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de NH_3 des produits pétroliers ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Les facteurs d'émission NH3 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 guide méthodologique EMEP/EEA [1286, 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 guide méthodologique [1286] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Pour la combustion (des différents carburants) $TSP=PM_{10}=PM_{2.5}$.

Les $PM_{1.0}$ 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 :

Tableau 98 : Proportions de PM10, PM2.5 et PM1.0 dans les TSP de l'abrasion

	Pneus	Freins	Route
PM_{10}/TSP	60%	98%	50%
$PM_{2.5}$/TSP	42%	39%	27%
$PM_{1.0}$/TSP	6%	10%	-

Emissions de carbone suie (BC)

Pour la combustion les spéciations de BC (en %) par rapport aux émissions de $PM_{2.5}$ sont les suivantes :

Tableau 99 : Proportion de BC dans les émissions de PM2.5 de la combustion par type de véhicule et par norme

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 :

Tableau 100 : Proportion de BC dans les émissions de PM2.5 de l'abrasion

	Pneus	Freins	Route
BC/TSP	15,3%	2,61%	1,06%

Emissions de 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 particulaires 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.

Tableau 101 : Contenu en métaux lourds des huiles

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

Tableau 102 : Contenu en métaux lourds des carburants

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

Tableau 103 : Contenu en métaux lourds des pneus, des freins et de la route

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

Emissions de Dioxines et furannes (PCDD-F)

Les facteurs d'émission de dioxines et furanes sont issus du guide méthodologique 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.

Emissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les facteurs d'émission de HAP (somme des 4 retenus par la CEE-NU) sont issus du guide méthodologique 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 guide méthodologique EMEP/EEA [1286] 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.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Les facteurs d'émission de PCB sont issus du guide méthodologique 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.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance.

3.6.2.3 Transport ferroviaire (NFR 1A3c)

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], de la dernière édition (2019) du memento statistique du SDES [1345] et du bilan de la circulation [31, 1141].

Les émissions réglementées de CO, COVNM, NOx et PM en particulier, sont estimées à partir de la structure du parc de matériel, ventilée par norme des engins mobiles non routier (EMNR) pour chaque année. L'évolution de cette structure est théorique et tient compte d'un taux de renouvellement du matériel de 5 % par an.

Pour les émissions dues à l'usure des matériels, les longueurs des parcours sont déterminées ainsi :

Pour les trains à traction électrique

De 2006 à 2018, à partir

- des consommations électriques unitaires issues :
  - des édition 2010 et 20211 du CPDP [14] pour les années 2006 à 2011,
  - d'une interpolation linéaire entre la valeur 2011 et la valeur 2019 déduite ci-dessous,
- et de la consommation d'électricité issue :
  - du Memento statistique des transports ferroviaires de 2019 [1345] de 2006 à 2010,
  - du Bilan annuel des transports [1141] pour les années à partir de 2011.

En 2019, à partir de la répartition du parcours total en train.km de l'ART [1368].

Depuis 2020, en sommant les parcours des trains de marchandises électriques et de voyageurs électriques issus des parcours totaux de fret et voyageurs du bilan de la

circulation [1141], ainsi que des parts de traction électrique pour le fret et les trains de voyageurs de l'ART [1367]. ;

Pour les trains à traction thermique :

De 2006 à 2019, en déduisant les parcours électriques calculés ci-dessus des parcours totaux issus du bilan de la circulation [1141] ;

Depuis 2020, en sommant les parcours des trains de marchandises et de voyageurs thermiques issus des parcours totaux de fret et voyageurs du bilan de la circulation [1141], desquels sont retranchés respectivement les parcours électriques des trains de marchandises et voyageurs à traction électrique calculés ci-dessus.

Emissions de SO_2

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 NOx

Les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques tirés du guide méthodologique EMEP/EEA [1285]. Les facteurs d'émissions évoluent selon les directives appliquées aux motorisations ferroviaires au fil du temps ([141], [1029], [1209]).

Tableau 104 : facteurs d'émission de NOx pour le ferroviaire par type d'engin et par norme

NOx (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 guide méthodologique EMEP/EEA [1285]. Les facteurs d'émissions évoluent selon les directives appliquées aux motorisations ferroviaires au fil du temps ([141], [1029], [141]). Les valeurs sont :

Tableau 105 : facteurs d'émission de COVNM pour le ferroviaire par type d'engin et par norme

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 guide méthodologique EMEP/EEA [1285]. Les facteurs d'émissions évoluent selon les directives appliquées aux motorisations ferroviaires au fil du temps ([141], [1029], [141]). Les valeurs sont :

Tableau 106 : facteurs d'émission de CO pour le ferroviaire par type d'engin et par norme

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_3

Les émissions sont estimées au moyen du facteur d'émission spécifique tiré du guide méthodologique EMEP/EEA [1285]. La valeur est de 7 g/t soit 0,164 g/GJ.

Emissions de particules poussières totales en suspension (TSP), PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les rejets de particules proviennent, d'une part, de la combustion et, d'autre part, de l'abrasion des freins, des roues et des rails pour toutes les motorisations, ainsi que 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 guide méthodologique EMEP / EEA [1285]. Les facteurs d'émissions évoluent selon les directives appliquées aux motorisations ferroviaires au fil du temps ([141], [1029], [1209]).

Pour les particules totales en suspension (TSP), les facteurs d'émissions sont :

Tableau 107 : facteurs d'émission de TSP pour le ferroviaire par type d'engin et par norme

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_{10}, qui représentent 95 % [1285] des émissions de TSP, les facteurs d'émissions sont :

Tableau 108 : facteurs d'émission de PM10 pour le ferroviaire par type d'engin et par norme

PM_{10} (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 $PM_{2.5}$ (qui représentent 95% [1285] des émissions de PM_{10}), les facteurs d'émissions sont :

Tableau 109 : facteurs d'émission de PM2.5 pour le ferroviaire par type d'engin et par norme

$PM_{2,5}$ (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 guide méthodologique [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 roueset des rails de toutes les motorisations, ainsi que 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].

Tableau 110 : facteurs d'émission de TSP pour l'abrasion des freins d'une part et pour le contact rails-roues pour le ferroviaire

(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_{10}. 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].

Tableau 111 : proportion de PM10 et de PM2.5 dans les émissions de TSP pour le ferroviaire par type d'abrasion

En % TSP	PM10	PM2.5
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 $PM_{2.5}$. Les ratios appliqués proviennent du guide méthodologique EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1285]. Le ratio appliqué est de 65% de $PM_{2.5}$.

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 $PM_{2.5}$ uniquement pour l'usure des freins. Le ratio appliqué provient du guide méthodologique EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [1286]. Le ratio appliqué est de 2,6% de $PM_{2.5}$.

Pour l'abrasion, le guide méthodologique [1286] n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

Emissions de 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].

Emissions de 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 guide méthodologique 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 guide méthodologique EMEP/EEA [1281]) et des PCI des combustibles.

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 sur la base du facteur d'émissions de poids lourds routiers conventionnels (i.e. sans post-traitement), tels que calculés dans la section Transport routier pour les poids lourds Diesel, en mg/t, à partir des facteurs d'émission en mg/GJ tirés du guide méthodologique EMEP/EEA [1281].

Tableau 112 : facteurs d'émission des HAP pour les émissions de la combustion du ferroviaire

HAP	BaP	BbF	BkF	IndPy	BghiPe	BaA	BahA	FluorA	HAP autres
mg/GJ	2,88	5,27	1,80	6,17	17,4	5,03	0,0599	109	654

Emissions de 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 1,066 ng/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 guide méthodologique 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 guide méthodologique EMEP/EEA [1281]) et des PCI des combustibles.

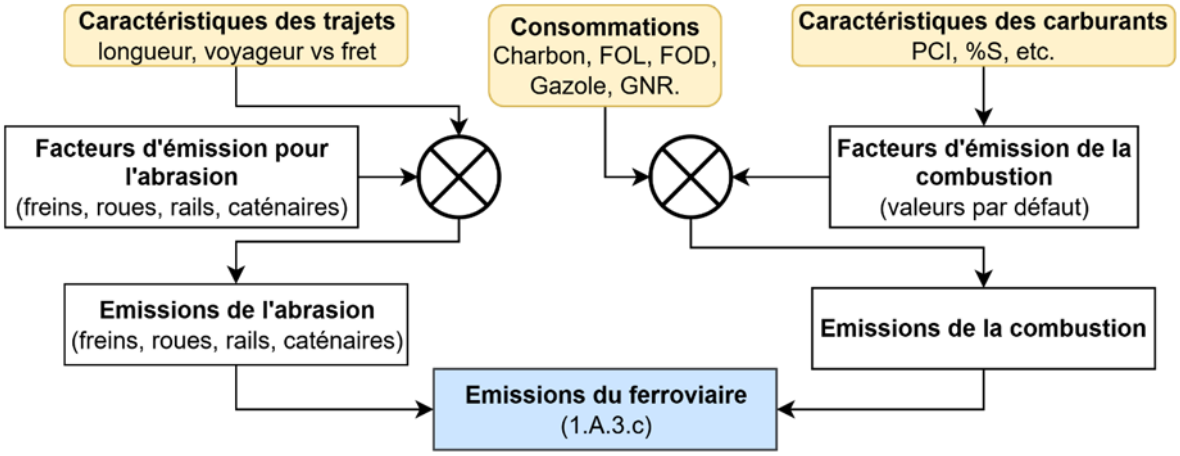


Figure 83 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du ferroviaire.

3.6.2.4 Transport maritime et par voies navigables (NFR 1A3d)

Les émissions sont calculées à partir des consommations de carburants et de facteurs d'émissions uniformes par type de carburant.

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.

Maritime

Emissions de SO_2

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_X

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 calculées par une méthode bottom-up, en utilisant les calculs de consommations précédemment décrits. Le facteur d'émission est 1 878 g/GJ pour le fioul lourd et 1 553 g/GJ pour le Diesel Marine Léger pour les années pré-2000 (année d'application de la première réglementation sur les NOx, i.e. Tier I). Pour les années post-2000, en s'appuyant sur l'étude [1220], est appliquée l'hypothèse d'un renouvellement annuel de la flotte de navires de 4 % par d'autres navires dont la réduction unitaire annuelle des émissions NOx s'élève à 17 %.. Ainsi, le niveau de réduction annuel des émissions de NOx du secteur d'élève à 0,68 % (=17 % x 4 %). Les facteurs d'émission de référence utilisés dans les calculs correspondent à celui de l'année 2019 calculé à partir des données AIS, et s'élève à 1 650 g/GJ pour le FOL et 1 364 g/GJ pour le DML.

Pour estimer les émissions de NO_X issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de NO_X 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 guide méthodologique 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 guide méthodologique 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_3

Fautes d'informations précises pour les navires, les émissions de NH_3 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_X (SCR) dispositif qui par nature peut rejeter de l'ammoniac. Cependant, la mise en place de zones d'émissions de NO_X 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_3 issues de la combustion de l'huile, les facteurs d'émission déduits des émissions de NH_3 du FOL ramenés à la consommation de carburant sont appliqués à la consommation d'huile.

Emissions de poussières totales en suspension (TSP), PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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.

$$\boldsymbol{FOL} : EF_{PM_{10}}(\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{kWh}}) = 1{,}35 + SF\mathrm{C} * 7 * 0{,}02247 * (S - 0{,}0246) \quad (1)$$

$$\boldsymbol{DML} : EF_{PM_{10}}(\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{kWh}}) = 0{,}23 + SFC * 7 * 0{,}02247 * (S - 0{,}0024) \quad (2)$$

Avec :

SFC : : Consommation spécifique de carburant en (g/kWh)

S : Le taux de soufre

Les valeurs de consommation spécifique (SFCi) utilisées pour obtenir des FE en g/GJ correspondent à la moyenne des SFCi 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 $PM_{1,0}$ 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_{10} et $PM_{2,5}$ 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 valant respectivement 2,26 et 1,13 g/GJ pour les FOL et DML est faite à partir du guide méthodologique EMEP/EEA [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.

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 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 du guide méthodologique EMEP/EEA [1280] et sont les suivants :

Tableau 113 : facteurs d'émission des métaux lourds du maritime pour les carburants et l'huile

Métal lourd	FE (mg/GJ)	
	DML/FOL	Huile
As	17,00	-
Cd	0,50	4,56
Cr	18,00	19,2
Cu	31,25	778
Hg	0,50	-
Ni	800	31,89
Pb	4,50	0,0332
Se	5,25	4,54
Zn	30,00	450,2

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 et 2,92 ng/GJ pour le Diesel marine 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.

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 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.

Emissions de 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 marine 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.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles [341] : 3,5 et 1,88 µg/GJ pour le Fioul lourd et le DML respectivement.

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.

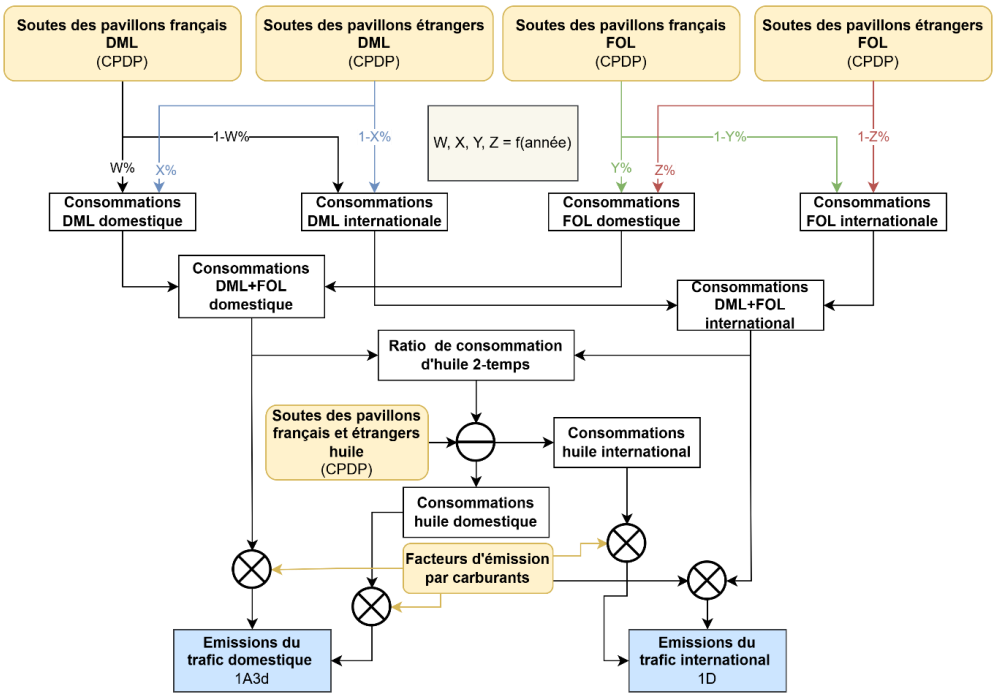


Figure 84 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du transport maritime

Voie navigable

Emissions de SO_2

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 NOx, CO, COVNM et poussières totales en suspension (TSP)

Pour les émissions de NO_X, 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 sont donc calculés par année à partir des références EMEP [105, 1280] et des réglementations évolutives [141, 376, 522, 1029, 1209], cf. base de données OMINEA. Concernant les émissions de particules, le guide méthodologique n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

Emissions de NH_3

Pour le transport fluvial, les émissions de NH_3 sont supposées négligeables d'autant que les engins ne sont pas équipés actuellement de dispositifs d'épuration des NO_X dont la nature du procédé serait susceptible de rejeter cette substance.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les facteurs d'émission PM_{10} et $PM_{2,5}$ pour le gazole et le FOD sont estimés à partir d'une étude franco-allemande [183]. La granulométrie utilisée est donc la suivante :

Tableau 114 : proportion de PM10, PM2.5 et PM1.0 dans les émissions de TSP de la plaisance et du fluvial

Tranche granulométrique	% répartition des PM totales
	FOD/GNR
PM_{10}	95
$PM_{2,5}$	90
$PM_{1,0}$	81

Les émissions de BC de la combustion sont calculées à partir d'une spéciation des émissions de PM2.5. Les ratios appliqués proviennent du guide méthodologique EMEP/EEA [1280]. Le ratio appliqué est de 55 % de $PM_{2.5}$ pour le gazole.

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.

Emissions de 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.

Les facteurs d'émissions pour les métaux lourds sont les mêmes que ceux issues de la section générale OMINEA_1A_fuel emission factor.

Emissions de Dioxines et furanes (PCDD-F)

Le facteur d'émission utilisé est de 2,92 ng/GJ pour les moteurs diesel [341].

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 [1281], supposés constants au cours des années.

Tableau 115 : facteurs d'émission des HAP pour les émissions de la combustion du fluvial.

HAP	BaP	BbF	BkF	IndPy	BghiPe	BaA	BahA	FluorA	HAP Autres
mg/GJ	1,315	1,523	1,325	1,172	2,769	1,251	0,258	17,68	375

Emissions de 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].

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Le facteur d'émission de HCB pour les moteurs diesel est considéré comme constant à 1,95 µg/GJ [341]. cf. base de données OMINEA.

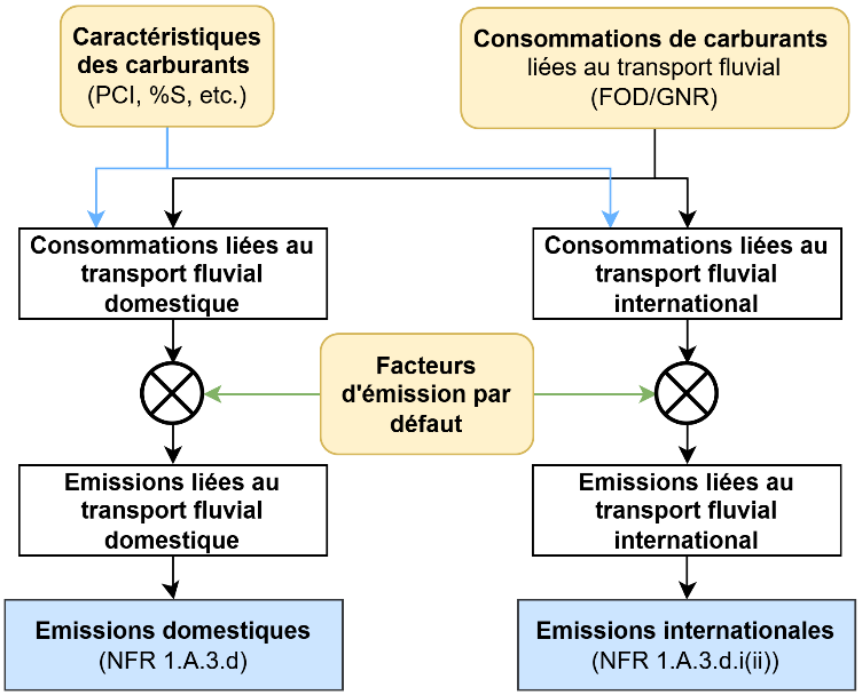


Figure 85 : Logigramme du processus d'estimation des émissions du fluvial

3.6.2.5 Stations de compression du réseau de transport et de distribution de gaz (NFR 1A3ei)

Les données de consommation de gaz sont disponibles pour les différents sites ou entreprises [19] 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'activité et les émissions déclarées par les exploitants permettent de calculer des facteurs d'émission moyens représentatifs du parc français.

A noter que depuis l'édition 2024, à partir des déclarations de consommation de gaz naturel (NAPFUE 301), nous appliquons sur toute la série historique (notamment à partir de 2012) le taux de biométhane injecté sur le réseau afin de différencier les émissions de ces deux combustibles (cf. section générale énergie).

Emissions de SO_2

Les émissions de SO_2 des stations de compression sont très faibles du fait de la consommation seulement de gaz naturel (avec faible teneur en soufre). 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 NOx

Les émissions de NOx 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 guide méthodologique EMEP/EEA [1347] 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_3

Les émissions de NH_3 sont supposées négligeables d'autant qu'il n'y a actuellement pas d'installation munie de dispositif d'épuration des émissions de NOx 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 guide méthodologique EMEP/EEA [1186] et de l'évolution des consommations dans ces équipements au cours du temps. Concernant les émissions de particules, le guide méthodologique n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les données issues des déclarations des exploitants ne sont pas assez exhaustives. Pour les PM_{10} et $PM_{2,5}$, les émissions sont estimées au moyen de facteurs d'émission spécifiques aux motocompresseurs et turbocompresseurs tirés du guide méthodologique EMEP/EEA [1347] et de l'évolution des consommations de ces équipements au cours du temps. Les émissions de PM1,0 sont supposées être égales aux émissions de $PM_{2,5}$.

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

La part du BC dans les émissions de $PM_{2,5}$ est de 2,54% selon le guide EMEP/EEA [1347].

Emissions de 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 ».

Emissions de 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 guide méthodologiqueEMEP/EEA [1347] et de l'évolution des consommations dans ces équipements au cours du temps. Il est à noter que, depuis l'édition 2023 du guide, les facteurs d'émission des PCDD-F associés à la combustion du gaz naturel sont considérés nuls.

Emissions d'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 nuls au cours des années et communs à plusieurs sections (cf. section « 1A_fuel emission factors »).

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance lors de la combustion du gaz naturel.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Il n'y a pas d'émission attendue de cette substance lors de la combustion du gaz naturel.

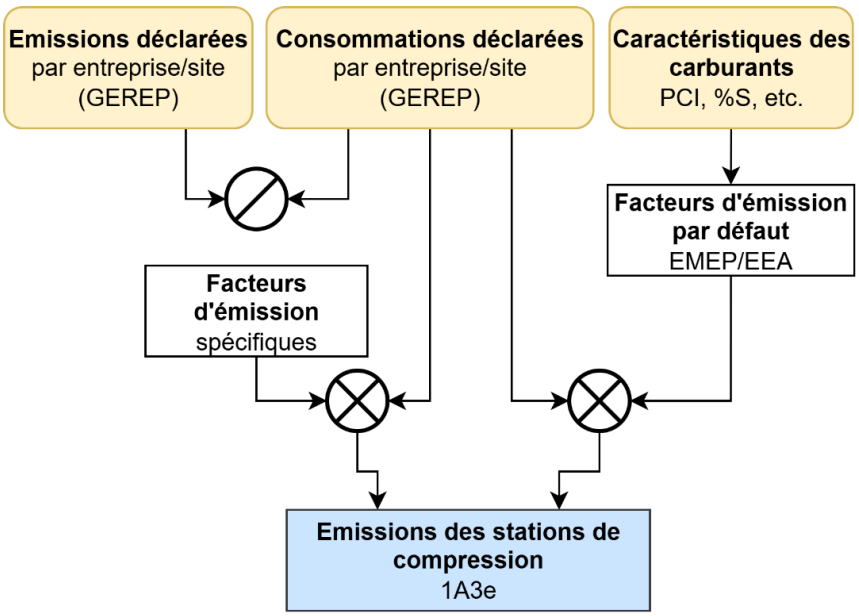


Figure 86 : Logigramme du processus d'estimation des émissions des stations de compression.

3.6.3 Incertitudes

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 3e 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 +2,3 % selon l'année.

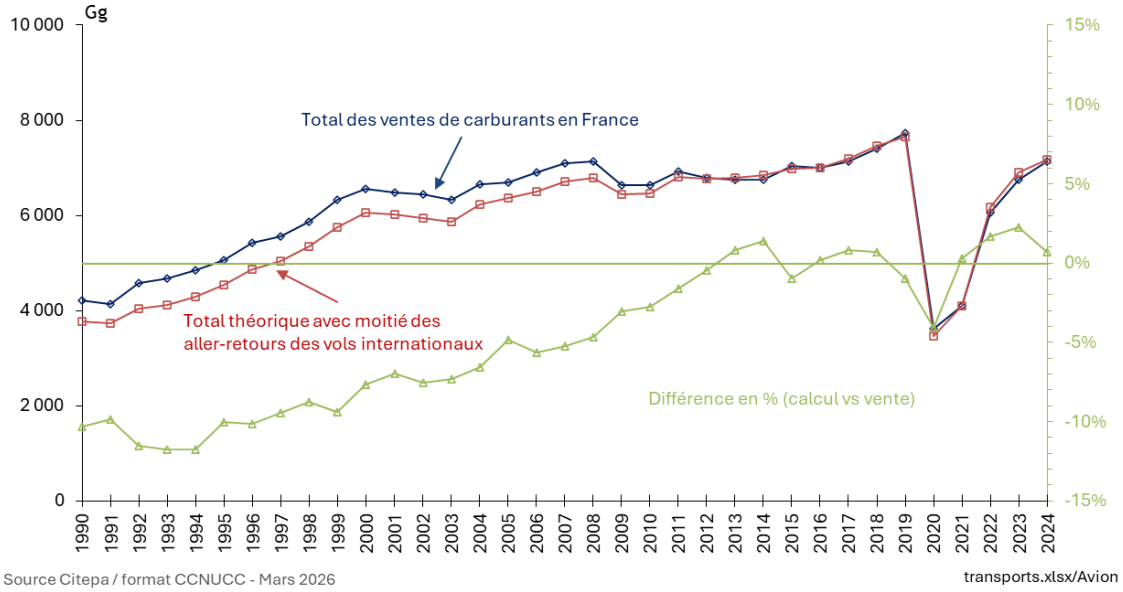


Figure 87 : Comparaison entre les consommations théoriques du modèle et les ventes totales françaises de carburants

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 -4,1 % à +2,4 %.

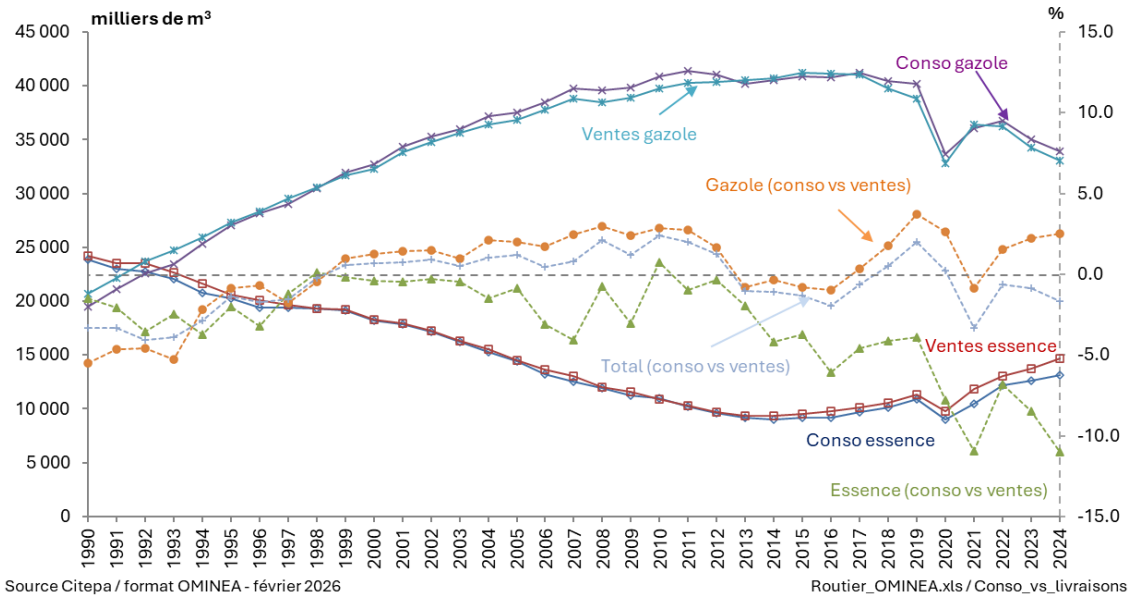


Figure 88 : Comparaison entre les consommations de carburants du routier sur le territoire et les ventes/livraisons à usage routier (en Hexagone)

3.6.4 Contrôle et assurance qualité (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 CO2, 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.

3.6.5 Recalculs

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 116 : 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 sur la série. Ajustement des coefficients de consommations de quelques avions sur la série
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 : - Bilan de la circulation (données SDES / RSVERO) ; trafics (véh.km), parcours annuels moyens (km), consommations, livraisons de carburants et consommations unitaires des véhicules immatriculés en France : série 1990-2023. - Consommations unitaires des véhicules étrangers (données SDES / RSVERO) : intégration de ces données dans les calculs de consommations et trafics (véh.km) par type de véhicules et motorisation, calculs préalables au calcul des émissions atmosphériques. Amélioration des calculs de parc statique : - Pour les véhicules GPL et GNV (VP, VUL et Bus & Car), révision du calcul du parc en considérant également des données statistiques sur les consommations unitaires. - Le calcul de parc (modèle OPALE) : des changements mineurs ont eu lieu, notamment pour la période 2001-2009, qui est une période de liaison entre les deux bases de données de parc. Mise-à-jour de la balance énergétique : - La balance énergétique se fait sur les ventes de carburants et les consommations unitaires du parc roulant (données SDES / RSVERO), en ajustant les consommations unitaires de la méthodologie EMEP/EEA.

Facteurs d'émission	Mise-à-jour des facteurs d'émissions (FE) NH_3, notamment : - pour les PL EURO VI GNV ; - pour les 2R Euro 5. Les calculs d'émissions sont donc en cohérence avec la méthodologie de COPERT version 5.8.1 (i.e. la version du guide EMEP/EEA de septembre 2024).
1.A.3.c - Railways	
Données d'activité	Mise à jour de données d'activité entre 1990 et 1998, entre 2001 et 2006, et entre 2011 et 2024 à la suite de modifications dans le bilan de l'énergie. Nouveau calcul de la répartition des trains.km électriques et thermiques à partir de 2006.
Facteurs d'émission (combustion)	Mise à jour des FE des HAP, et du PCI du biogazole pour l'année 2024.
1.A.3.d - Inland waterways & national navigation (shipping)	
Données d'activité	Plaisance, Fluvial : - Mise à jour des données d'activités entre 1971 et 2024 à partir du bilan annuel des transport 2024. - Mise à jour des consommations de gazole, de biogazole, d'essence et de bioessence du résidentiel entre 1992 et 2024. - Mise à jour des consommations d'essence et de bioessence de l'agriculture, l'aquaculture et du forestier entre 1960 et 2024. - Mise à jour des PCI FOD. - Mise à jour des données bioessence (PCI, densité, des pourcentages d'incorporation) pour l'année 2019. Maritime : - Mise à jour du calcul de la répartition des consommations de carburants entre le trafic domestique et le trafic international ; - Intégration de consommations de GNL dans le trafic maritime international, à la suite d'une mise à jour du bilan de l'énergie du Citepa.

Facteurs d'émission (combustion)	Plaisance, Fluvial : - Mise à jour des FE HAP. Maritime : - Mise à jour des facteurs d'émission de plusieurs métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se et Zn) pour l'huile, entraînant une variation importante des émissions, notamment pour le plomb et le zinc (diminution) et pour le sélénium (augmentation). - Le facteur d'émission de l'activité moyenne du maritime (domestique + internationale) subit une variation pour la plupart des polluants étant donné le
1.A.3.e - Pipeline transport	
Données d'activité	Révision des années 2022 et 2023 sur la base des données de prétraitement : suppression d'émissions ajoutées manuellement pour certains polluants non déclarés et intégration d'une installation précédemment omise en raison de l'absence de déclaration GEREP.
Facteurs d'émission (combustion)	-

3.6.6 Améliorations envisagées

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 EMEP/EEA.

Transport ferroviaire :

Pas d'amélioration prévue.

Transport maritime, fluvial et plaisance :

- Maritime : **Pas d'amélioration prévue.**
- Fluvial/plaisance : **Pas d'amélioration prévue.**

Autres transports :

Pas d'amélioration prévue.

3.7 Commercial/Tertiaire, Résidentiel, Agriculture / Sylviculture / Pêche (NFR 1A4)

3.7.1 Caractéristiques de la catégorie

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.

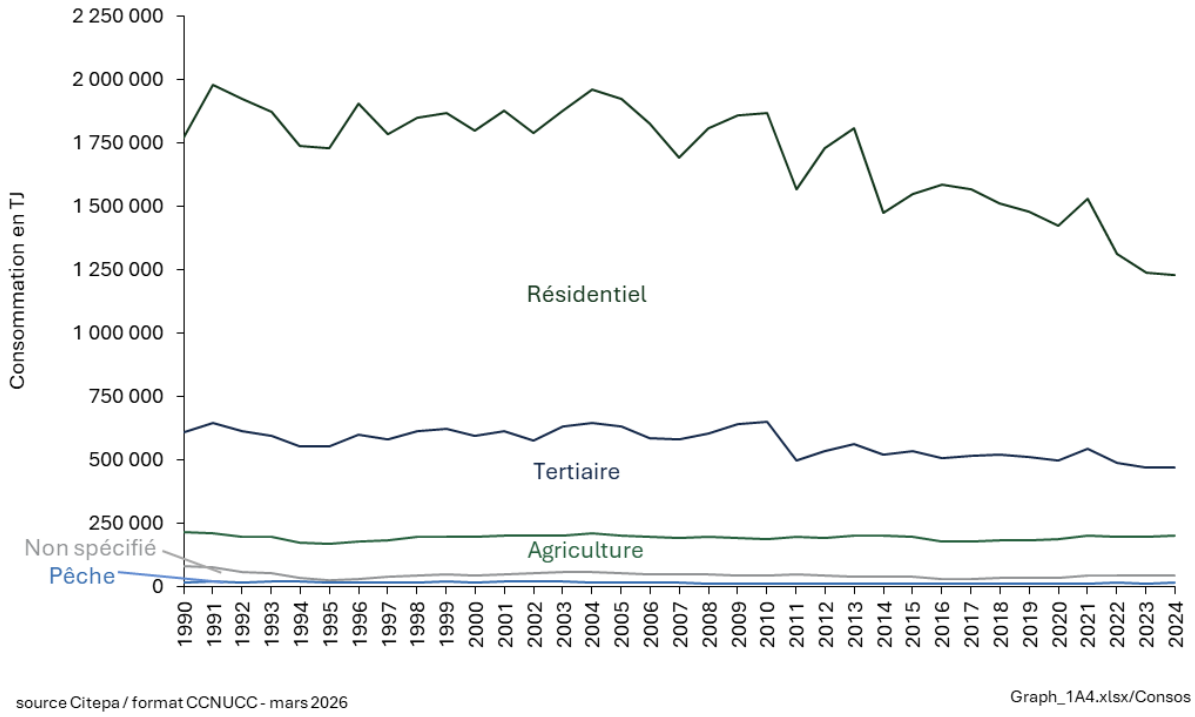


Figure 89 : Consommation de combustibles dans les différents sous-secteurs (Périmètre France UE)

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.

3.7.1.1 Commercial/Tertiaire (NFR 1A4a)

Le secteur 1.A.4.a. est une catégorie-clé en évolution pour les substances suivantes :

Tableau 117 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4a est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Ni	-	-	6	7.4%

Ce secteur 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, entrepôts, 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.

3.7.1.2 Résidentiel (NFR 1A4b)

Le secteur 1.A.4.b. est une catégorie-clé en niveau et en évolution pour les substances suivantes :

Tableau 118 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4b est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	4	5.3%	-	-
COVNM/NMVOCs	3	17.5%	2	13.3%
SO_2	5	8.1%	4	5.9%
$PM_{2,5}$	1	60.6%	1	47.1%
PM_{10}	1	43.4%	1	41.0%
TSP	3	16.5%	1	31.0%
BC	1	55.7%	2	18.5%
CO	1	47.7%	-	-
Pb	2	15.2%	-	-
Cd	4	7.0%	-	-
Hg	5	7.3%	-	-
As	2	24.7%	3	13.0%
Cr	2	21.6%	-	-
Cu	-	-	6	5.1%
Ni	4	8.5%	-	-
Se	2	12.5%	2	23.8%
Zn	2	10.6%	-	-
PCDD/F	2	21.5%	-	-
HAP / HAPs	1	75.8%	1	53.6%
HCB	3	12.9%	-	-
PCB	2	29.1%	-	-

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.

3.7.1.3 Agriculture, pêche et sylviculture (NFR 1A4c)

Le secteur 1.A.4.c. est une catégorie-clé en niveau et en évolution pour les substances suivantes :

Tableau 119 : Polluants pour lesquels le secteur 1A4c est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	3	5.9%	4	7.5%
$PM_{2,5}$	-	-	4	5.1%
PM_{10}	-	-	6	4.7%
BC	-	-	3	16.5%

La présente section traite des émissions liées à la combustion provenant des activités agricoles et sylvicoles. Elle traite séparément les sources fixes (installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, de climatisation, etc.) et les sources mobiles (tracteurs, moissonneuses, débardeuses, etc.).

Les caractéristiques des combustibles pris en compte sont les caractéristiques moyennes par défaut décrites dans la section générale sur l'énergie.

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][1369][1370]. 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, 2023).

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 effective, 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 sur le 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 déterminée 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'heures 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 hexagonale [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 brulée avec l'essence est calculée en prenant en compte l'hypothèse d'un mélange à hauteur de 3 % en volume.

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).

3.7.2 Méthodes d'estimation des émissions

3.7.2.1 Commercial/Tertiaire (NFR 1A4a)

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 sites industriels pratiquant l'équarrissage comme activité principale sont pris en compte dans le secteur tertiaire (en lien avec leur code APE), et non en industrie manufacturière.

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_2 à des valeurs qui sont certainement plus significatives pour les NO_x 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] (cf. section générale énergie).

Il est à noter que les consommations d'énergie de ce secteur sont étroitement liées à la rigueur climatique.

Emissions de SO_2

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de SO_2 sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe 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_2 sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de NO_x

Pour les installations de puissance supérieure à 50 MW, les émissions de NO_x sont déterminées à partir des déclarations annuelles des rejets [19]. En général, ces émissions sont estimées par les exploitants par mesure directe ou à partir de facteurs d'émission.

Pour les autres installations, les émissions de NO_x 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_X des installations inférieures à 20 MW et pour celles inférieures à 1 MW fonctionnant à la biomasse [1212].

Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de NO_X des installations inférieures à 20 MW [1004] et pour celles inférieures à 1 MW fonctionnant à la biomasse, avec une distinction entre celles fonctionnant aux granulés ou aux plaquettes forestières [1212][1366].

Tableau 120 : Facteurs d'émission NO_X utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE NOx g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW		132	[1004]
Chaufferies de puissance inférieure à 1MW	Plaquettes	80	[1212]
	Granulés		[1366]

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 Fonds Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004] ainsi que pour les FE des installations inférieures à 1 MW [1212].

Tableau 121 : Facteurs d'émission COVNM utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE COVNM g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW	FC	2,2	[1004]
	Hors FC	4,8	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1MW		12	[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 selon qu'elles fonctionnent aux granulés ou aux plaquettes forestières [1212][1366].

Tableau 122 : Facteurs d'émission CO utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE CO g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW		250	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1MW	Plaquettes	260	[1212]
	Granulés	435	[1366]

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 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 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].

Des distinctions spécifiques sont réalisées pour les facteurs d'émission de TSP :

- Pour les installations inférieures à 20 MW faisant partie du Fonds Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004],
- Pour les installations inférieures à 1 MW, selon qu'elles fonctionnent aux granulés [1366] ou aux plaquettes forestières [1212].

Tableau 123 : Facteurs d'émission TSP utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE TSP g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW	FC	16,8	[1004]
	Hors FC	100	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1MW	Plaquettes	100	[1212]
	Granulés	35	[1366]

Les particules dites condensables, émises immédiatement par le refroidissement et la dilution des fumées, sont considérées comme prises en compte par ces facteurs d'émission.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$

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 $PM_{2,5}$. Ce ratio provient des références [936][1273].

Les ratios retenus pour dépendent de la puissance de l'équipement :

Equipements > 50 MW [936] :

- 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 [1273] :

- 6,4% pour les combustibles solides (hors bois),
- 28% pour le bois,
- 56% pour les combustibles liquides,
- 4% pour les combustibles gazeux.

Emissions de 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 1 MW fonctionnant au bois [1212].

Emissions de 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.

Emissions d'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].

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Les émissions de PCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de HCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

3.7.2.2 Résidentiel (NFR 1A4b)

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 hexagonale 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).

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] (cf. section générale énergie).

Il est à noter que les consommations d'énergie de ce secteur sont étroitement liées à la rigueur climatique.

Chauffage domestique au bois

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 (notamment les années 1992, 1996, 2001, 2006, 2013 et 2020) 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. Les différentes catégories de performance d'appareils, construites par le Citepa à partir de l'expertise de l'Ineris [1213], sont les suivantes :

- Appareils à bûches dits « anciens » : présents dans les ventes annuelles jusqu'en 2009 ;
- Appareils à bûches dits « récents » : ces appareils correspondent à des niveaux de performances assimilables à celles des labels Flamme verte 4 et 5 étoiles. Ils sont considérés comme présents dans les ventes annuelles à partir de 2005 et jusqu'en 2020 (évolution linéaire) ;
- Appareils à bûches dits « performants » : ces appareils correspondent à des niveaux de performances assimilables à celles des labels Flamme verte 6 et 7 étoiles. Ils sont considérés comme présents dans les ventes annuelles à partir de 2015 ;
- Appareils à bûches dits « écoconception » (appareils de chauffage décentralisés uniquement) : présents dans les ventes annuelles à partir de 2022 et constituant l'ensemble des ventes annuelles à partir de 2023 ;
- Poêles à granulés dits « récents » : ces poêles installés avant 2015 sont peu nombreux mais se caractérisent par des réglages d'air non optimisés, des périodes d'allumage et d'extinction plus émissives [1213] ;

- Poêles à granulés dits « performants » : installés à partir de 2015, ces poêles sont moins émissifs en lien notamment avec l'utilisation de granulés de meilleure qualité.

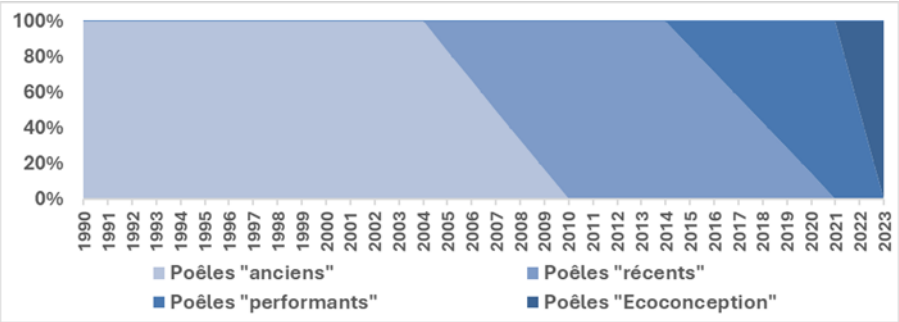


Figure 90 : Evolution des proportions d'appareil (poêles bûches) dans les ventes annuelles par catégorie de performance

Emissions de SO_2

Les émissions de SO_2 sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

Emissions de NOx

Sources fixes

Les émissions de NOx sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible [459].

Une évolution temporelle des émissions de NOX 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].

Tableau 124 : Evolution des facteurs d'émission des NOx des chaudières domestiques au gaz naturel

Gaz naturel	Période	FE NOx (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 de plusieurs études françaises et des lignes directrices EMEP/EEA [1213][1214] :

Tableau 125 : Facteurs d'émission NOX des appareils domestiques au bois

Bois	Période d'installation des appareils	FE NOx (g/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2009)	80	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	87,5	moyenne
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	95	[1214]
Poêles, inserts et cuisinières - bûches	Dits « anciens » (jusqu'en 2009)	50	[1214]
	Dits « récents » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	54	[1213]
	Dits « performants » (à partir de 2015 et jusqu'en 2022)	62	[1213]
	Dits « écoconception » (à partir de 2022)		
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction de performance	50	[1214]
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction de performance	80	[1214]

Les facteurs d'émission moyens résultant de la modélisation du parc national d'appareils domestiques au bois sont présentés dans la base de données associée à ce rapport.

Sources mobiles

Avant 2005, les émissions de NOx 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][1029], ce qui entraine 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 :

Tableau 126 : Facteur d'émissions NOx des engins résidentiels essence par stage

Engin	Etape	FE NOx (g/GJ)
Groupes électrogènes	Pré directive	253
	Stage I	310
	Stage II	310
	Stage V	193
Tondeuses	Pré directive	325
	Stage I	319
	Stage II	319
	Stage V	198
Micro tracteurs	Pré directive	170
	Stage I	198
	Stage II	179
	Stage V	107
Débroussailleuses	Pré directive	68
	Stage I	68
	Stage II	60
	Stage V	60
Tronçonneuses	Pré directive	73

	Stage I	73
	Stage II	75
	Stage V	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 françaises et des lignes directrices EMEP/EEA [67][1213][1214] :

Tableau 127 : Facteurs d'émission COVNM des appareils domestiques au bois

Bois	Période d'installation des appareils	FE COVNM (g/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2009)	350	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	300	moyenne
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	250	[1214]
Poêles, inserts et cuisinières - bûches	Dits « anciens » (jusqu'en 2009)	1 600	[67]
	Dits « récents » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	607	[1213]
	Dits « performants » (à partir de 2015 et jusqu'en 2022)	294	[1213]
	Dits « écoconception » (à partir de 2022)		
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction de performance	1 700	[67]
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction de performance	10	[1214]

Les facteurs d'émission moyens résultant de la modélisation du parc national d'appareils domestiques au bois sont présentés dans la base de données associée à ce rapport.

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][1029], ce qui entraine 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 :

Tableau 128 : Facteur d'émissions COVNM des engins résidentiels essence par stage

Engin	Etape	FE COVNM (g/GJ)
Groupes électrogènes	Pré directive	1 010
	Stage I	706
	Stage II	706
	Stage V	439
Tondeuses	Pré directive	1 039
	Stage I	726
	Stage II	726
	Stage V	451
Micro tracteurs	Pré directive	909
	Stage I	563
	Stage II	509
	Stage V	304
Débroussailleuses	Pré directive	15 909
	Stage I	7 318
	Stage II	3 212
	Stage V	3 212
Tronçonneuses	Pré directive	11 364
	Stage I	10 955
	Stage II	2 198
	Stage V	2 198

Emissions de CO

Sources fixes

Les émissions de CO sont 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 françaises et des lignes directrices EMEP/EEA [67][1213][1214] :

Tableau 129 : Facteurs d'émission CO des appareils domestiques au bois

Bois	Période d'installation des appareils	FE CO (g/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2009)	4 000	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	3 000	moyenne
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	2 000	[1214]
Poêles, inserts et cuisinières - bûches	Dits « anciens » (jusqu'en 2009)	7 000	[67]
	Dits « récents » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	3 600	[1213]
	Dits « performants » (à partir de 2015 et jusqu'en 2022)	2 063	[1213]
	Dits « écoconception » (à partir de 2022)		
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction de performance	7 000	[67]
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction de performance	300	[1214]

Les facteurs d'émission moyens résultant de la modélisation du parc national d'appareils domestiques au bois sont présentés dans la base de données associée à ce rapport.

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][1029], ce qui entraine 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 :

Tableau 130 : Facteur d'émissions CO des engins résidentiels essence par stage

Engin	Etape	FE CO (g/GJ)
Groupes électrogènes	Pré directive	15 783
	Stage I	15 783
	Stage II	15 783
	Stage V	15 783
Tondeuses	Pré directive	32 468
	Stage I	32 468
	Stage II	32 468
	Stage V	32 468
Micro tracteurs	Pré directive	17 045
	Stage I	17 045
	Stage II	17 045
	Stage V	17 045
Débroussailleuses	Pré directive	22 727
	Stage I	22 727
	Stage II	22 727
	Stage V	22 727
Tronçonneuses	Pré directive	34 091
	Stage I	34 091
	Stage II	34 091
	Stage V	34 091

Emissions de NH_3

Les émissions de NH3 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] :

Tableau 131 : Facteurs d'émission NH3 des appareils domestiques au bois

Bois	Période d'installation des appareils	FE NH3 (g/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2009)	8	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	6	moyenne
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	4	[1214]
Poêles, inserts et cuisinières - bûches	Dits « anciens » (jusqu'en 2009)	8	
	Dits « récents » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	8	
	Dits « performants » (à partir de 2015 et jusqu'en 2022)	4	
	Dits « écoconception » (à partir de 2022)		
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction de performance	8	
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction de performance	1	

Les facteurs d'émission moyens résultant de la modélisation du parc national d'appareils domestiques au bois sont présentés dans la base de données associée à ce rapport.

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][1305]. 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 :

Tableau 132 : Facteurs d'émission TSP des appareils domestiques au bois

Bois	Période d'installation des appareils	FE TSP (g/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2009)	500	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	300	moyenne
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	100	[1214]
Poêles, Inserts et cuisinières - bûches	Dits « anciens » (jusqu'en 2009)	800	[1214]
	Dits « récents » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	417	[1213]
	Dits « performants » (à partir de 2015 et jusqu'en 2022)	282	[1213]
	Dits « écoconception » (à partir de 2022) (hors cuisinières)	206	[1213]
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction de performance	932	[1214]
Chaudières - granulés	Pas de distinction de performance	20	[1305]
Poêles - granulés	Dits « récents » (à partir de 2004 et jusqu'en 2014)	45	[1213]
	Dits « performants » (à partir de 2015)	32	

Les facteurs d'émission moyens résultant de la modélisation du parc national d'appareils domestiques au bois sont présentés dans la base de données associée à ce rapport.

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][183].

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM2,5. 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 :

Tableau 133 : Facteurs d'émission BC des appareils domestiques au bois

Bois	Période d'installation des appareils	FE BC (%/PM2,5)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2009)	16%	[1214]
	Dites « récentes » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	22%	moyenne
	Dites « performantes » (à partir de 2015)	28%	[1214]
Poêles, Inserts et cuisinières - bûches	Dits « anciens » (jusqu'en 2009)	10%	
	Dits « récents » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	16%	
	Dits « performants » (à partir de 2015 et jusqu'en 2022)	28%	
	Dits « écoconception » (à partir de 2022) (hors cuisinières)		
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction de performance	7%	
Chaudières et poêles - granulés	Pas de distinction de performance	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%.

Emissions de 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.

Tableau 134 : Facteurs d'émission ML des appareils domestiques au bois

Bois	Période d'installation des appareils	Métal lourd	FE ML (mg/GJ)	Source
Tout appareil bûche	Dit « ancien » (jusqu'en 2009)	As	9,5	[67]
		Cd	1,4	
		Cr	47	
		Cu	31	
		Hg	0,8	
		Ni	11	
		Pb	90	

		Se	7	
		Zn	290	

Les facteurs d'émission moyens résultant de la modélisation du parc national d'appareils domestiques au bois sont présentés dans la base de données associée à ce rapport.

Emissions de Dioxines et furanes (PCDD-F)

Sources fixes

Les émissions de dioxines/furanes 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/furanes 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].

Emissions d'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].

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 françaises et des lignes directrices EMEP/EEA [67][1213][1214] :

Tableau 135 : Facteurs d'émission 8HAP des appareils domestiques au bois

Bois	Période d'installation des appareils	FE 8HAP (mg/GJ)	Source
Chaudières - bûches	Dites « anciennes » (jusqu'en 2009)	55	[67]
	Dites « récentes » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	34	[67]
	Dites « performantes » (à partir de 2015)		
Poêles et cuisinières - bûches	Dits « anciens » (jusqu'en 2009)	602	[67]
	Dits « récents » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)	531	[1213]
	Dits « performants » (à partir de 2015 et jusqu'en 2022)		
	Dits « écoconception » (à partir de 2022)		

Insert - bûches	Dits « anciens » (jusqu'en 2009)	224	[67]
	Dits « récents » (à partir de 2005 et jusqu'en 2020)		
	Dits « performants » (à partir de 2015 et jusqu'en 2022)		
	Dits « écoconception » (à partir de 2022)		
Foyers ouverts - bûches	Pas de distinction de performance	284	[67]
Chaudières - granulés	Pas de distinction de performance	34	Assimilé bûches
Poêles - granulés	Pas de distinction de performance	531	

Les facteurs d'émission moyens résultant de la modélisation du parc national d'appareils domestiques au bois sont présentés dans la base de données associée à ce rapport.

Emissions de 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.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de HCB sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

3.7.2.3 Agriculture, sylviculture et pêche (NFR 1A4c)

- ***Agriculture/Sylviculture***

Emissions de SO_2

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 NOx

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. Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs

d'émission de NOX des installations inférieures à 20 MW [1004] et pour celles inférieures à 1 MW fonctionnant à la biomasse [1212][1366].

Tableau 136 : Facteurs d'émission NOX utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE NOx g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW		132	[1004]
Chaufferies de puissance inférieure à 1 MW	Plaquettes	80	[1212]
	Granulés		[1366]

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 137 : 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	1 169	1 169	1 169	1 169	1 169	1 169	661
Motoculteurs, motofaucheuses…							744
Presses à grosses balles							661
Pulvérisateurs automoteurs							661
Récolteuses de maïs automotrices							661
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 138 : 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 moyens par combustible (cf. section générale énergie) 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 Fonds Chaleur [1004], à partir de 2010, et celles d'une puissance inférieure à 1 MW.

Tableau 139 Facteurs d'émission COVNM utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE COVNM g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW	FC	2,2	[1004]
	Hors FC	4,8	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1 MW		12	[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 140 : 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	357	357	357	357	357	357	67
Motoculteurs, motofaucheuses…							75
Presses à grosses balles							67
Pulvérisateurs automoteurs							67
Récolteuses de maïs automotrices							67
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 141 : 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 moyens par combustible (cf. section générale énergie) pour les combustibles fossiles et d'une étude Citepa [67] pour le bois.

Une distinction spécifique est réalisée pour les facteurs d'émission de COVNM pour les FE des installations inférieures à 1 MW selon qu'elles fonctionnent aux granulés ou aux plaquettes forestières [1212] [1366].

Tableau 142 Facteurs d'émission CO utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE CO g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW		250	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1 MW	Plaquettes	260	[1212]
	Granulés	435	[1366]

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 143 : 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	492	472	472	472	472	472	472
Automoteurs télescopiques	334	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	783	783	783	783	783	783	617
Motoculteurs, motofaucheuses…							694
Presses à grosses balles							617
Pulvérisateurs automoteurs							617
Récolteuses de maïs automotrices							617
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 144 : 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_3

Les émissions de NH_3 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 NOx dont la nature du procédé serait susceptible de rejeter cette substance. Les émissions de NH3 liées à la combustion de bois sont estimées au moyen de facteurs d'émission tirés du guide EMEP/EEA [1034].

Les émissions de NH3 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_{10}, $PM_{2.5}$, $PM_{1,0}$)

Pour les installations fixes, les émissions de TSP sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie). Pour la combustion de bois, des distinctions spécifiques sont réalisées pour les facteurs d'émission de TSP :

Pour les installations inférieures à 20 MW faisant partie du Fonds Chaleur de l'ADEME fonctionnant à la biomasse [1004],

Pour les installations inférieures à 1 MW selon qu'elles fonctionnent aux granulés [1366] ou aux plaquettes forestières [1212].

Tableau 145 Facteurs d'émission TSP utilisés pour la biomasse solide pour les petites installations

Type de chaufferie		FE TSP g/GJ	Référence
Chaufferies de puissance entre 1 et 20 MW	FC	16,8	[1004]
	Hors FC	100	[67]
Chaufferies de puissance inférieure à 1 MW	Plaquettes	100	[1212]
	Granulés	35	[1366]

Les particules dites condensables, émises immédiatement par le refroidissement et la dilution des fumées, sont considérées comme prises en compte par ces facteurs d'émission.

Les émissions de PM sont estimées avec une granulométrie identique à celle utilisée dans le secteur tertiaire.

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 FEs 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 146 : 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	2,3	2,3	1,4
Automoteurs télescopiques	140	84	40	40	2,0	2,5	1,5
Moissonneuses batteuses	140	69	25	25	2,5	3,2	1,9
Ensileuses automotrices	140	69	25	25	2,5	3,2	1,9
Epandeur de lisier Motoculteurs, motofaucheuses… Presses à grosses balles Pulvérisateurs automoteurs Récolteuses de mais automotrices	140	140	140	140	140	140	25
Tracteurs forestiers	126	62	23	23	2,3	2,9	1,7
Débusqueuses	126	65	28	28	1,9	2,3	1,4
Débardeuses	126	74	35	35	1,8	2,2	1,3

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/PM10 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 147 : Facteurs d'émission pour les particules liées à l'abrasion

Type d'engins	g TSP / h	g PM10 / h	g PM2.5 / h
Tracteurs, moissonneuses, débardeuses, 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 PM2,5.

Les ratios retenus dépendent des sources :

Sources fixes [1273]

- 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 % PM2,5) 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 diffèrent 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 [1281]. 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_2

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 NOx

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 :

Tableau 148 : Facteurs d'émission de NO_X du gazole pêche exprimés en g/GJ, ventilés par norme et type de moteur.

Motorisation	TIER 0	TIER I(1)*	TIER I(2)*	TIER II	TIER III
moteur Diesel à haute vitesse (HSD)	930	808	808	563	119
moteur Diesel à moyenne vitesse (MSD)	1 359	1 327	1 327	1 019	125

*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 1 383 g/GJ (guide EMEP [1280]).

En ce qui concerne les bateaux à essence, les facteurs d'émission en g/GJ sont les suivants :

Tableau 149 : Facteurs d'émission de NO_X des motorisations essence exprimés en g/GJ, ventilés par norme et type de moteur.

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).

Tableau 150: Facteurs d'émission de COVNM des motorisations essence exprimés en g/GJ, ventilés par norme et type de moteur.

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).

Tableau 151 : Facteurs d'émission du CO des motorisations essence exprimés en g/GJ, ventilés par norme et type de moteur.

Motorisation	pre-control	Stage I
2-temps	10 932	6 340
4-temps	19 341	7 909

Emissions de NH_3

Le facteur d'émission utilisé est celui des bateaux de plaisance [1280]. 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).

Tableau 152 : Facteurs d'émission du NH_3 des motorisations essence exprimés en g/GJ, ventilés par norme et type de moteur.

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 d'exploitation du bateau et du combustible. Les valeurs de FE utilisées sont issues du rapport d'étude sur les GES de l'OMI [1221]. Elles sont dépendantes du taux de souffre présent dans le carburant comme l'illustrent les formules ci-dessous.

$$\boldsymbol{FOL} : EF_{PM_{10}}(\frac{\text{g}}{\text{kWh}}) = 1{,}35 + SFC_i * 7 * 0{,}02247 * (S - 0{,}0246) \quad (1)$$

$$\boldsymbol{DML} : EF_{PM_{10}}(\frac{\text{g}}{\text{kWh}}) = 0{,}23 + SFC_i * 7 * 0{,}02247 * (S - 0{,}0024) \quad (2)$$

Avec :

SFC_i : Consommation spécifique de carburant en (g/kWh)

S : Le taux de souffre

La conversion des émissions de g/kWh vers g/GJ est réalisée à partir des consommations spécifiques Tier II suivantes et issues de [1280] :

Tableau 153 : Consommations spécifiques de carburant exprimées en g/kWh et ventilées par type de moteur et de carburant.

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.

Tableau 154 : Facteurs d'émission des TSP des motorisations essence exprimés en g/GJ, ventilés par norme et type de moteur.

Motorisation	pre-control	stage I
2-temps	286	286
4-temps	4,27	4,27

Les $PM_{1.0}$, quant à elles, se distribuent par rapport aux $PM_{2.5}$ à raison de 92 % pour le diesel et le FOL. Cette hypothèse est issue du secteur du transport routier (cf. section Transport routier (NFR 1A3b)).

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, lesquels sont issus de la dernière version du guidebook EMEP/EEA [1280].

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 souffre 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 $PM_{2,5}$, 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 :

Tableau 155 : Facteurs d'émission des métaux lourds pour le FOL, exprimés en mg/GJ.

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 furanes (PCDD-F)

Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles [341] : 11,7 ng/GJ pour le fioul lourd, 3,05 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 0,89 µg/GJ pour le gazole.

Emissions d'hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles [341] : 3,5 et 1,88 µg/GJ pour le fioul lourd et le gazole respectivement. Pour l'essence, le facteur d'émission évolue en fonction du temps.

3.7.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

3.7.5 Recalculs

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 156 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A4

1A4a - Commercial / institutional	
Données d'activité	Variations de consommations liées à la mise à jour du traitement du bilan énergétique national : - Baisses de la consommation de FOD (NAPFUE 204) sur 2011-2023 (- 20 800 à -50 130 TJ selon les années) (transferts en industrie, agriculture et résidentiel) ; - Baisses de la consommation de gaz naturel (NAPFUE 301) des autoproducteurs sur 1990-2022 (-1 260 à -13 220 TJ selon les années), légère hausse en 2023 (+ 500 TJ) (transfert à l'industrie) ; - Baisses de la consommation de GPL (NAPFUE 303) sur 2011-2012 (entre -1 000 et -1 200 TJ) et hausse à partir de 2013 (+340 à + 3 500 TJ selon les années) ; - Hausses de la consommation de biogaz (NAPFUE 309) sur 1990-1993 (+300 à +460 TJ selon les années) et sur 2005-2023 (+1 420 à +13 700 TJ selon les années), baisses sur 1994-2004 (-750 à -2 200 TJ selon les années). - Disparition de la consommation de GnR+biodiesel (NAPFUE 205/25B) sur 2011-2017 (entre -3 440 TJ et -15 900 TJ selon les années) et fortes baisses sur 2018-2023 (entre -10 700 et -22 200 TJ selon les années) ; Mise à jour de la consommation de biomasse : impacts à la marge à partir de 2011 avec une hausse sur 2011-2019 (entre +1 et 132 TJ selon les années) et une baisse sur 2020-2023 (entre -4 TJ et -208 TJ selon les années).
SO_2	Ajustements à la marge sur le FE SO_2 des CMS (NAPFUE 102 et 104) sur 2021 et 2023.
CO	Prise en compte des granulés à partir de 2004 dans les chaufferies de petite puissance (inférieure à 1 MW) : impact à la baisse sur les émissions de CO.
COVNM	Mise à jour à la hausse de la part Fonds chaleur sur 2019-2023 : baisse des émissions sur cette période, plus marquée en 2022-2023.
NO_X	Correction à la baisse en 2018 des données GIC d'émissions de NOx pour un site associé à du fioul domestique (NAPFUE 204).

TSP, PM, BC	Prise en compte des granulés à partir de 2004 dans les chaufferies de petite puissance (inférieure à 1 MW) : impact à la baisse sur les émissions de TSP. Mise à jour à la hausse de la part Fonds chaleur sur 2019-2023 : baisse des émissions de TSP/PM et BC sur cette période, plus marquée en 2022-2023. Baisse sur toute la période liée à une mise à jour méthodologique sur le FE TSP du GN : impact sur les autres NAPFUE assimilés GN (303/31B) pour les TSP à 0,45 g/GJ en tertiaire au lieu de 0,9 g/GJ.
1A4b - Residential	
Données d'activité	Evolution des consommations provenant du bilan énergétique national - Hausses de la consommation de FOD (NAPFUE 204/205/25B) sur 2011-2023 (entre +16 800 et +40 200 TJ selon les années) ; - Baisses de la consommation de gaz naturel (NAPFUE 301) sur 2018-2021 (entre - 600 et -4 900 TJ selon les années), hausse sur 2022-2023 (entre +2 030 et 3 680 TJ) ; - Ajustements très à la marge sur le GPL (NAPFUE 303) à partir de 2011 (inférieurs au térajoule) ; - Léger ajustement à la hausse du pétrole lampant (NAPFUE 206) en 2023 (+ 29 TJ) ; - Disparition de la consommation de GnR+biodiesel (NAPFUE 205/25B) sur 2011-2017 (entre -1 900 TJ et -4 890 TJ selon les années) et fortes baisses sur 2018-2023 (entre -3 440 et -8 870 TJ selon les années) ; - Baisses de la consommation de bois bûche (NAPFUE 111L sur 2012-2020 (entre -850 et -9 810 TJ selon les années)) (hors 2013 avec +120 TJ), hausse inter-édition sur 2021-2023 (entre 880 et 6 370 TJ selon les années) ; - Baisses de la consommation de granulés via prise en compte des granulés dans d'autres secteurs entre 2004 et 2018 (en RUBRIC IN1 ; entre -8 et -250 Tj selon les années)) ; hausses en lien avec le bilan énergétique sur 2019-2023 (entre +186 et 3 000 TJ selon les années). Ajustement du nombre de poêles anciens : à la baisse entre 2005 et 2017, à la hausse ensuite : impact sur l'ensembles des polluants (hors PCDD/F, HCB, SO_2) dépassant +10 % d'évolution inter-édition pour l'année 2023.
TSP, PM, BC	Sur 2022 et 2023, hausse des particules liée à la mise à jour méthodologique de FE TSP des appareils écoconception Hausse marginale du FE TSP (et PM_{10}, $PM_{2.5}$ BC) des granulés en lien avec la prise en compte à partir de 2004 de poêles à granulés moins performants par rapports aux appareils les plus récents. Baisse sur toute la période liée à une mise à jour méthodologique sur le FE TSP du GN : impact sur les autres NAPFUE assimilés GN pour les TSP (NAPFUE 303/31B) à 0,2 g/GJ en résidentiel au lieu de 0,9 g/GJ.
1A4c - Agriculture, Forestry and Fishing	
Données d'activité	Pour les sources fixes (1A4ci), la révision du traitement des données du bilan de l'énergie du SDES (2011-2024) a entraîné : - ; ;Révision à la hausse de la consommation de GPL sur 2011-2023 (légère hausse, mais fort impact en 2023 : + 1900 TJ), sauf 2021 (baisse marginale) - Révision à la marge de la consommation de biogaz sur 2013-2023 - Révision à la marge de la consommation de gaz naturel sur 2018-2023 - Révision à la marge de la consommation de bois sur 2011-2016 et sur 2021-2023 Pour les sources mobiles (1A4cii) : - Révision à la hausse de la consommation de fioul domestique en 2011 (+ 2 600 TJ)Révision à la hausse des consommations de GNR sur 2011-2023 (entre + 800 TJ et + 10 289 TJ selon les années) - Révision à la légère hausse des consommations de biogazole sur 2011-2023 (entre + 48 TJ et +704 TJ selon les années) - Révision du PCI de l'huile de tronçonneuse (de 40,2 GJ/t à 42,002 GJ/t) : impact marginal à la hausse sur toute la série temporelle - Prise en compte du nombre et de la puissance des machines agricoles des enquêtes Agreste : impact à la hausse du nombre d'heure de fonctionnement sur 1990-1999 (de +14% à +1%) et impact à la baisse sur 2000-2023 (de -0,3% à -30%). Les heures de fonctionnement impactant directement les émissions de substances liées à l'abrasion mécanique (PM10, PM2.5, TSP, BC), celles-ci sont impactées à la hausse sur 1990-1999 et à la baisse sur 2000-2023.

	- Cette révision des caractéristiques des tracteurs agricoles (puissance) a également impacté la répartition des consommations entre engins agricoles et forestiers, entraînant une modification des émissions car les seconds sont de plus forte puissance et ont des FE plus faibles selon la réglementation. Les émissions de CO, COVNM, NOx et TSP ont été impactées sur toute la série, avec un fort impact surtout pour NOx, CO et COVNM. - Modification marginale des % de biocarburant dans l'essence en 2019 (voir section générale énergie) Pour la pêche (1A4ciii) : - mise à jour des données de parc de bateau ; - mise à jour des consommations de FOD entre 2011 et 2023 ; - mise à jour des consommations d'essence en 2023 ; - mise à jour de la teneur en biocarburant dans l'essence en 2019, et donc du PCI de la bio-essence pour cette année ;
TSP, PM_{xx}, BC	Pour les sources fixes (1A4ci) : - Révision à la hausse de la part des installation bois couvertes par le Fonds Chaleur sur 2019-2023 : impact à la baisse sur les émissions de TSP/PM - Prise en compte des granulés à partir de 2004 dans les chaufferies de petite puissance : impact à la baisse sur les émissions de TSP
NO_X	- Pour les sources fixes (1A4ci) : révision à la baisse du FE NOx de la combustion de biomasse sur 1960-1990 : de 200 à 132 g/GJ pour les puissances 1-20 MW et de 200 à 80 g/GJ pour les puissances <1-20 MW - Pour les sources mobiles (1A4cii) : révision des caractéristiques des tracteurs agricoles (puissance) : baisse des émissions de NO_x sur 1990-2010 (de - 2 000 t en 1990 à -900 t en 2010) puis impact marginal par rapport à la révision à la hausse des données d'activité à partir de 2011. - Pour la pêche, évolution à la hausse du FE moyen du FOD entre 2016 et 2023, de l'ordre du pourcent en 2016 et 2017, de 4 % en 2018 et 2019, de 7 à8 % entre 2020 et 2022, et de 6 % en 2023, en raison de la mise à jour du parc de bateau et par conséquent de sa répartition par norme Tier. Évolution à la hausse du FE moyen de l'essence entre 2006 et 2023 pour les mêmes raisons, de l'ordre d'un dixième de pourcent.
CO	Pour les sources fixes (1A4ci) : Prise en compte des granulés à partir de 2004 dans les chaufferies de petite puissance : impact à la baisse sur les émissions de CO Pour les sources mobiles (1A4cii) : révision des caractéristiques des tracteurs agricoles (puissance) : baisse des émissions de CO sur 1990-2010 (de - 1200 t en 1990 à -100 t en 2010), puis impact marginal par rapport à la révision à la hausse des données d'activité à partir de 2011.
COVNM	Pour les sources fixes (1A4ci) : Révision à la hausse de la part des installation bois couvertes par le Fonds Chaleur sur 2019-2023 : impact à la baisse sur les émissions de COVNMPour les sources mobiles (1A4cii) : révision des caractéristiques des tracteurs agricoles (puissance) : baisse des émissions de COVNM sur 1990-2010 (de - 500 t en 1990 à -180 t en 2010), puis impact marginal par rapport à la révision à la hausse des données d'activité à partir de 2011.
HAP et PCDD-F	Pour les sources fixes (1A4ci) : révision des FE HAP de la biomasse sur toute la série temporelle : - à la hausse : BaP, BkF, BghiPe, BaA, FluorA - à la baisse : BbF, IndPy, BahA, HAPaut Pour les sources mobiles (1A4cii) : Modification des FE des HAP sur toute la série temporelle pour les combustibles 204, 205, 25B, 208 et 28B (évolution des FE entre -2 et -17 % selon les combustibles et HAP)
: : : ;ML	Pour les sources fixes (1A4ci) : Révision à la baisse des FE de la combustion de biomasse des substances suivantes : As, Cr, Cu, Ni, Pb Pour la pêche (1A4ciii) : Mise à jour des facteurs d'émission de plusieurs métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se et Zn) pour l'huile, entraînant une forte variation des émissions : o environ -8 % pour le cadmium (Cd) ; o environ +50 % pour le chrome (Cr) ; o multiplication par 20 pour le cuivre (Cu) ; o multiplication par 5 pour le nickel (Ni) ; o division par 20 pour le plomb (Pb) ; o multiplication par 20 pour le sélénium (Se) ;

	division par 2 pour le zinc (Zn)
BC	Pour les sources fixes (1A4ci) : - Révision à la hausse de la part des installation bois couvertes par le Fonds Chaleur sur 2019-2023 : impact à la baisse sur les émissions de BC
Tous les polluants	Pour les autres substances, les recalculs s'expliquent par l'évolution du mix énergétique.

3.7.6 Améliorations envisagées

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pas d'amélioration particulière identifiée pour ce secteur.Pour les sources mobiles (1A4cii), il est envisagé de mettre à jour les facteurs d'émission avec les valeurs du guide EMEP 2023.

3.8 Autres secteurs (dont militaire) (NFR 1A5)

Cette section concerne les émissions des installations de combustion fixes et mobiles liées à d'autres usages y compris les activités militaires.

3.8.1 Caractéristiques de la catégorie

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 ainsi que les consommations de gazole et d'essence des bateaux de plaisance et des autres usages.

Par souci de confidentialité, toutes les consommations et émissions militaires 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 incluent 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] (cf. section générale énergie).

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 France hexagonale sont appliquées aux consommations du bilan de l'énergie [1].

Tableau 157 : Répartition des consommations par phase de l'aviation

%	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
LTO	23 %	20 %	19 %	19 %	19 %	19 %	17 %	17 %	17 %	17 %	17 %
Croisière	77 %	80 %	81 %	81 %	81 %	81 %	83 %	83 %	83 %	83 %	83 %

A ces consommations sont appliqués les facteurs d'émission moyens de l'aviation civile de la France hexagonale par type de phase et par combustible.

Les consommations de carburant des bateaux de plaisance & autres usages sont estimées à partir des données du bilan de la circulation [31, 1141] 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 [183].

- Gazole : Les consommations de gazole dues aux trafics des bateaux de plaisance sont calculées en déduisant du total donné par le bilan de la circulation [31, 1141] (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 utilisait 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 » du bilan de la circulation.
- Essence : Les consommations d'essence dues aux trafics des bateaux de plaisance sont calculées en déduisant du total donné par du bilan de la circulation [31, 1141] (ligne « divers »), les consommations d'essence attribuées aux engins des secteurs résidentiel/tertiaire et agriculture/sylviculture. La consommation d'huile des moteurs 2-temps mélangée et brulée avec l'essence est calculée en prenant en compte l'hypothèse d'un mélange à hauteur de 3 % en volume.

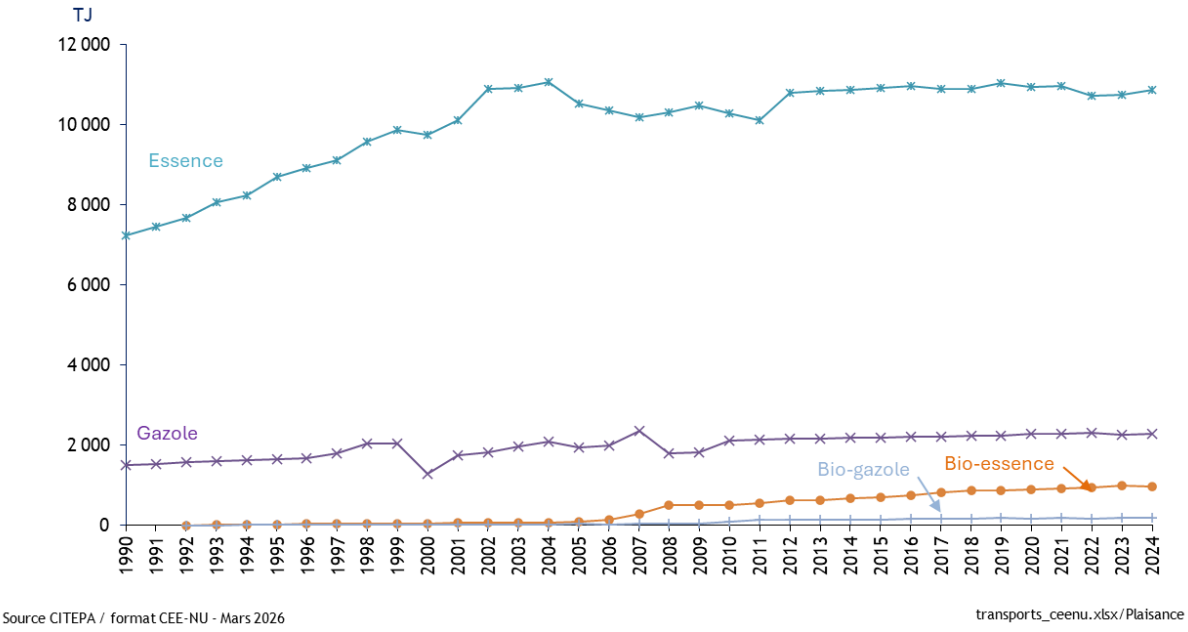


Figure 91 : Consommations des différentes énergies (y compris agro-carburants) en France hexagonale de la plaisance

3.8.1.1 Autres secteurs - Sources fixes (NFR 1A5a)

Le secteur 1A5a n'est source clé pour aucun polluant ni en niveau des émissions, ni en évolution.

3.8.1.2 Autres secteurs - Sources mobiles (NFR 1A5b)

Le secteur 1.A.5.b. est une catégorie-clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
CO	5	4.9%	-	-

Par souci de confidentialité, les consommations et émissions des activités mobiles militaires sont incluses dans le 1A5a au lieu du 1A5b.

3.8.2 Méthodes d'estimation des émissions

Emissions de SO_2

Sources fixes

Les émissions de SO_2 sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

Sources mobiles

EMNR : Les émissions de SO_2 sont déterminées à partir de facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

Aviation : cf. 1.A.3.a

Plaisance : 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_X

Sources fixes

Les émissions de NO_X sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible (cf. section générale énergie).

Sources mobiles

EMNR : Les émissions de NO_X sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2023 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

Plaisance : Pour les émissions de NO_X, 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 [141, 376, 522, 1029, 1209], cf. base de données OMINEA.

Emissions de COVNM

Sources fixes

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

Sources mobiles

Les émissions de COVNM sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2023 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

Plaisance : Pour les émissions de COVNM, 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 [141, 376, 522, 1029, 1209], cf. base de données OMINEA.

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 2023 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

Plaisance : Pour les émissions de CO, 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 [141, 376, 522, 1029, 1209], cf. base de données OMINEA.

Emissions de NH_3

Sources fixes

Aucune émission de NH_3 n'est attendue pour la combustion fixe des combustibles consommés dans ce secteur.

Sources mobiles

Les émissions de NH_3 sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2023 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.

Plaisance : les émissions sont estimées au moyen du facteur d'émission spécifique tiré du guide méthodologique 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 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 2023 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4 temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

Plaisance : Pour les émissions de 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 [141, 376, 522, 1029, 1209], cf. base de données OMINEA. Concernant les émissions de particules, le guidebook n'indique pas si ce sont des matières filtrables et/ou condensables.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$

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_{10}, de $PM_{2.5}$ et de $PM_{1.0}$ sont déterminées à l'aide de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices 2023 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4-temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

Plaisance : Les facteurs d'émission PM_{10} et $PM_{2,5}$ pour le gazole 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 :

Tableau 158 : proportion de PM_{10}, $PM_{2.5}$ et $PM_{1.0}$ dans les émissions de TSP de la plaisance et du fluvial

Tranche granulométrique	% répartition des PM totales	
	Gazole/FOD/GNR	essence
PM_{10}	95	99
$PM_{2,5}$	90	84
$PM_{1,0}$	81	80

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.

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

Sources fixes

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de $PM_{2.5}$. 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 2023 EMEP/EEA [1128] et spécifiques à la nature du carburant (essence) et au type d'engin (4-temps).

Aviation : cf. 1.A.3.a

Plaisance : Les émissions de BC de la combustion sont calculées à partir d'une spéciation des émissions de $PM_{2.5}$. Les ratios appliqués proviennent du guidebook EMEP/EEA [1280]. Les ratios appliqués sont de 55 % de $PM_{2.5}$ pour le gazole et de 5 % de $PM_{2.5}$ pour l'essence.

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 : seules les émissions de plomb sont estimées. cf. 1.A.3.a

Plaisance : 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)

Sources fixes

Les émissions de dioxines/furanes sont déterminées à partir de facteurs d'émission moyens par combustible présentés dans la section générale énergie.

Sources mobiles

Les émissions de dioxines/furanes 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.

Plaisance : 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].

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.

Plaisance : 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.

Tableau 159 : facteurs d'émission des HAP pour les émissions de la combustion de la plaisance

HAP	BaP	BbF	BkF	IndPy	BghiPe	BaA	BahA	FluorA	HAP Autres
mg/GJ	1,315	1,523	1,325	1,172	2,769	1,251	0,258	17,68	375,0

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.

Plaisance : 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)

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.

Plaisance : 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.

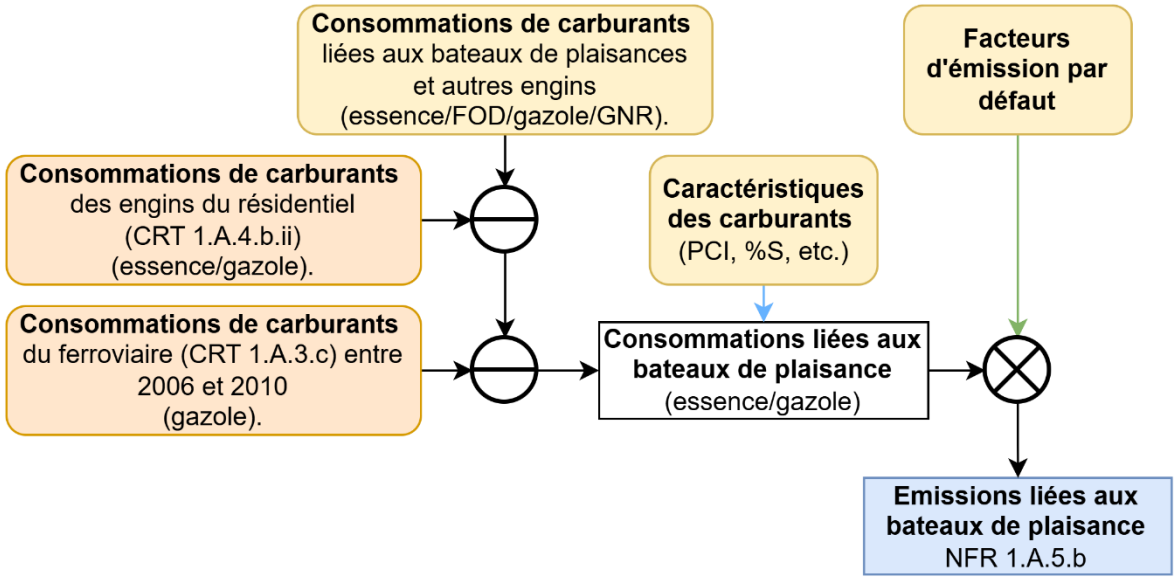


Figure 92 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la plaisance

3.8.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

3.8.5 Recalculs

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 160 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A5

1A5a – Non-spécifié – Sources fixes	
Données d'activité	Sources fixes et EMNR : Évolution des consommations en lien avec les ajustements du bilan énergétique national : - Hausses de la consommation de gaz naturel sur 2018-2022 (entre +2 510 et + 3 580 TJ selon les années), légère baisse sur 2023 (-152 TJ) ; - Hausse de la consommation de fioul domestique sur 2023 (+756 TJ) et d'essence sur 2023 (+50 TJ).
SO_2	Sources fixes et EMNR : correction du FE SO_2 du GPL NAPFUE 303 sur 2012-2015. Sources mobiles : plaisance -> correction du taux soufre du DML sur les années récentes pour mieux prendre en compte sa valeur limite (0,1 %)

TSP, PM et BC	Sources fixes et EMNR : FE particules du gaz naturel et GPL : division par deux du FE : il passe de 0,9 g/GJ à 0,45 g/GJ.
HAP, PCDDF	Sources fixes et EMNR : mise à jour à la marge sur toute la période des FE HAP des NAPFUE 208 et 28B : hausse minime Sources mobiles : voir recalculs 1A3a
ML	Sources fixes et EMNR : ajustements très marginaux sur le % de bio sur le NAPFUE 208/28B, impacts à partir de 1992.
PCB	Sources mobiles : voir recalculs 1A3a
1A5b – Non-spécifié – Sources mobiles	
Par souci de confidentialité, les consommations et émissions militaires du 1A5b sont incluses dans le 1A5a.	
SO_2	Plaisance : correction du taux soufre du DML sur les années récentes pour mieux prendre en compte sa valeur limite (0,1 %)

3.8.6 Améliorations envisagées

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pas d'amélioration prévue pour ce secteur.

3.9 Emissions fugitives des combustibles solides (NFR 1B1)

Cette catégorie regroupe les émissions fugitives des activités d'extraction, de traitement et éventuellement de distribution des combustibles solides (charbon).

3.9.1 Caractéristiques de la catégorie

Le secteur 1.B.1.a. est une catégorie-clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 161 : Polluants pour lesquels le secteur 1B1a est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
$PM_{2,5}$	-	-	3	10.4%
PM_{10}	-	-	3	10.6%
TSP	-	-	4	7.7%

Le secteur 1.B.1.b. est une catégorie-clé en termes de niveaux d'émission et d'évolution pour les substances suivantes :

Tableau 162 : Polluants pour lesquels le secteur 1B1b est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
PCDD/F	4	4.9%	-	-
HAP / HAPs	-	-	3	11.7%

3.9.1.1 Extraction du charbon (NFR 1B1a)

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.

La formation du CH4 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.

L'activité minière est recensée pour chaque site [52]. En France, l'activité d'extraction a fortement décru au cours des dernières décennies, puis cessé totalement en 2002 pour les mines à ciel ouvert et en 2004 pour les mines souterraines.

Le charbon importé est supposé avoir totalement dégazé avant d'arriver sur le territoire. Par conséquent, des émissions de CH_4 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.

3.9.1.2 Transformation des combustibles minéraux solides (NFR 1B1b)

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.

3.9.2 Méthodes d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible sur le site internet suivant : https://www.citepa.org/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/

3.9.2.1 Extraction du charbon (NFR 1B1a)

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 2023 [1372].

Période post 2004

Les émissions de COVNM sont considérées négligeables 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 2023 [1372].

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 consommations des produits primaires - anthracite, lignite, charbon à coke et charbon bitumineux – ainsi que les importations des produits secondaires) et d'un facteur d'émission du guide EMEP 2023 [1372].

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

La part du BC dans les émissions de $PM_{2,5}$ est estimée à 10%.

3.9.2.2 Transformation des combustibles minéraux solides (NFR 1B1b)

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 NOx

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. Les émissions de COVNM liées à la combustion, répertoriées en 1A1c, sont ensuite retranchées des émissions totales déclarées par les sites afin d'estimer les émissions à allouer au procédé (1B1b). 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. Les émissions de CO liées à la combustion, répertoriées en 1A1c, sont ensuite retranchées des émissions totales déclarées par les sites afin d'estimer les émissions à allouer au procédé (1B1b). Pour les années antérieures le facteur d'émission de 2006 est utilisé.

Emissions de NH_3

Les émissions de NH3 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. Les émissions de TSP liées à la combustion, répertoriées en 1A1c, sont ensuite retranchées des émissions totales déclarées par les sites afin d'estimer les émissions à allouer au procédé (1B1b).

Pour l'année 1994 les données du LECES [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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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 PM10 sont directement utilisées. Ainsi la granulométrie des PM10 est calculée grâce aux émissions de TSP déclarées et des émissions de PM10. La granulométrie des émissions de PM2,5 et PM1,0 est ainsi recalculée sur la base de la granulométrie des PM10 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 PM2,5. Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [767].

Emissions de 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.

Emissions de Dioxines et furanes (PCDD-F)

Le facteur d'émission est issu du Guidebook EMEP/EEA [767] et est appliqué pour toutes les années.

Emissions d'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.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Pas d'émission attendue.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Pas d'émission attendue.

3.9.3 Incertitudes

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

3.9.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

3.9.5 Recalculs

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 163 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1B1

1B1a – Extraction du charbon	
Données d'activité	Changement de source des données d'activité sur l'ensemble de la période 1990-2024: utilisation des données du bilan de l'énergie, en retenant les consommations de produits primaires (anthracite, lignite, coking coal et bituminous coal) ainsi que les importations de produits secondaires. Les valeurs actuelles sont supérieures à l'édition précédente.
TSP, PM, BC	Correction du FE $PM_{2,5}$, affectant également les FE $PM_{1,0}$ et BC, impactant les résultats d'émissions à la baisse sur l'ensemble de la période 1990-2024
1B1b - Manufacture of solid fuels	
TSP	Baisse significative du facteur d'émission TSP du gaz naturel et biogaz sur toute la série temporelle (de 0,9 g/GJ à 0,45 g/GJ).
ML	Révision des facteurs d'émission des métaux lourds du NAPFUE 101 (CMS) (en lien avec le changement du PCI de 26 à 23,8 GJ/t).
SO_2	Baisse légère du facteur d'émission SO_2 des NAPFUE 101, 104 et 107 en 2024.

3.9.6 Améliorations envisagées

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Pas d'amélioration prévue pour ce secteur.

3.10 Emissions fugitives des combustibles liquide et du gaz naturel (NFR 1B2)

3.10.1 Caractéristiques de la catégorie

En 2024, le sous-secteur 1.B.2.a (production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution) est source clé en niveau d'émission (4ème pour le SO_2) et en évolution (4ème pour les COVNM et 6ème pour le SO_2), tandis que le sous-secteur 1.B.2.c (torchage et ventilation) est catégorie clé en niveau d'émission (9ème) pour le SO_2, à la suite d'événements exceptionnels de maintenance et des redémarrages associés compliqués :

Tableau 164 : Polluants pour lesquels le secteur 1B2a est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 — S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
COVNM/NMVOCs	-	-	4	8.9%
SO_2	4	8.8%	6	3.6%

Tableau 165 : Polluants pour lesquels le secteur 1B2c est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 — S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO_2	9	4.2%	-	-

Le sous-secteur 1.B.2.b n'est pas catégorie-clé en 2024, ni en niveau d'émission, ni en évolution.

3.10.1.1 Production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution (NFR 1B2a)

Extraction, exploration et transport de pétrole brut (1B2ai)

Cette section traite de l'extraction et du transport de pétrole brut (les liquides gaz naturel sont négligés). Plus particulièrement, les émissions liées à cette activité regroupent les émissions liées à l'exploitation des gisements de pétrole, le transport par pipeline et camions/wagons-citernes depuis ces gisements ainsi que le stockage de pétrole brut dans les terminaux pétroliers. Les activités situées en aval (raffinage, distribution de produits finis, etc.) sont traitées dans les sections appropriées.

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 décroit de façon moins accentuée mais progressive depuis 2000 (-4% par an, en moyenne) [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 (RUBRIC EPL) ;
- Les émissions fugitives liées aux fuites des équipements (brides, raccords…) lors de l'extraction, pertes au stockage (RUBRIC FUG) ;
- Les émissions fugitives dues au réseau de transport de pétrole brut par pipelines (RUBRIC PIP) ;
- Les émissions fugitives dues au réseau de transport de pétrole brut par camions et wagons-citernes (RUBRIC CIT) ;
- Les émissions fugitives liées au stockage de brut dans les terminaux pétroliers (RUBRIC 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.

Jusqu'à l'année 2020, la quantité de pétrole brut importé transitant par les terminaux pétroliers était fournie annuellement par le CPDP. A partir de 2021, ces informations n'étant plus publiées par le CPDP, la quantité de pétrole brut importé se base sur les données des activités portuaires publiées par le SDES [1373]. La quantité de pétrole brut transporté ou stocké dans les terminaux est exprimée en Mg.

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)

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 dans la section 1B2c_petrol flaring.

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)
- La station d'expédition de produits pétroliers (SNAP 050501)

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 outre-mer inclus dans l'UE) 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 de la période d'étude.

Le site de La Mède a arrêté le traitement du pétrole brut à la fin de l'année 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. Un projet similaire pour le site de Grandpuits est en cours. Il est prévu que la plateforme de Grandpuits soit de nouveau opérationnelle à partir de 2025.

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. 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,
- 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 du craqueur catalytique. 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, les émissions de cadmium (Cd), de mercure (Hg) et de plomb (Pb) sont 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 pour 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 d'émission spécifique calculé à partir des mesures de l'ensemble des autres sites est appliqué.

Distribution des produits pétroliers (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 fugitives 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 hexagonale

- 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 raffineries 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 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 fait l'objet d'un calcul spécifique et est constituée, d'une part, par les quantités transférées de FOL, FOD et gazole et, d'autre part, par l'essence et les carburéacteurs plus volatils.

- Stations-service

Les émissions visées dans cette partie concernent les refoulements aux évents 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 distribuée par catégorie (taille) de stations fournies par l'UFIP [1378].

Cependant, faute d'actualisation des données relatives aux quantités d'essence par catégorie de stations par l'UFIP, les valeurs de 2017 ont été utilisées pour les années ultérieures.

- 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.

3.10.1.2 Extraction et distribution de gaz naturel (NFR 1B2b)

Extraction et traitement du gaz naturel

Plusieurs installations d'extraction et de traitement de gaz naturel sont encore en fonctionnement [14]. Cependant, l'activité décroit 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.

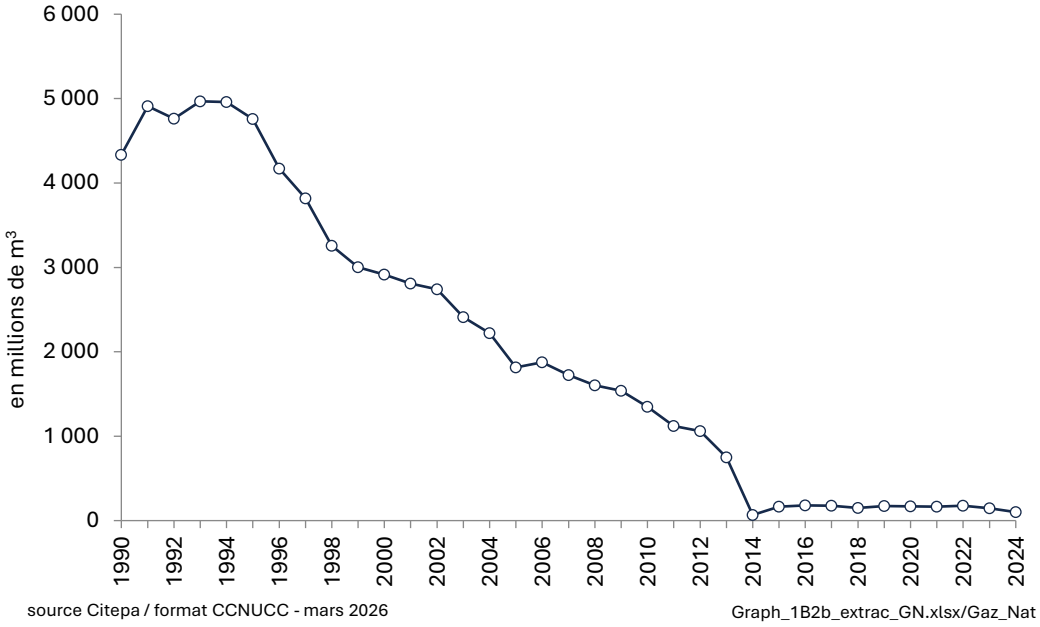


Figure 93 : Extraction de gaz naturel (périmètre France UE)

Transport, stockage et distribution du gaz naturel

Cette section traite des fuites sur le réseau de transport et de distribution du gaz naturel. Les émissions de combustion des stations de compression sont traitées en section « 1A3e_pipeline compressor ».

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 d'environ 37 000 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.

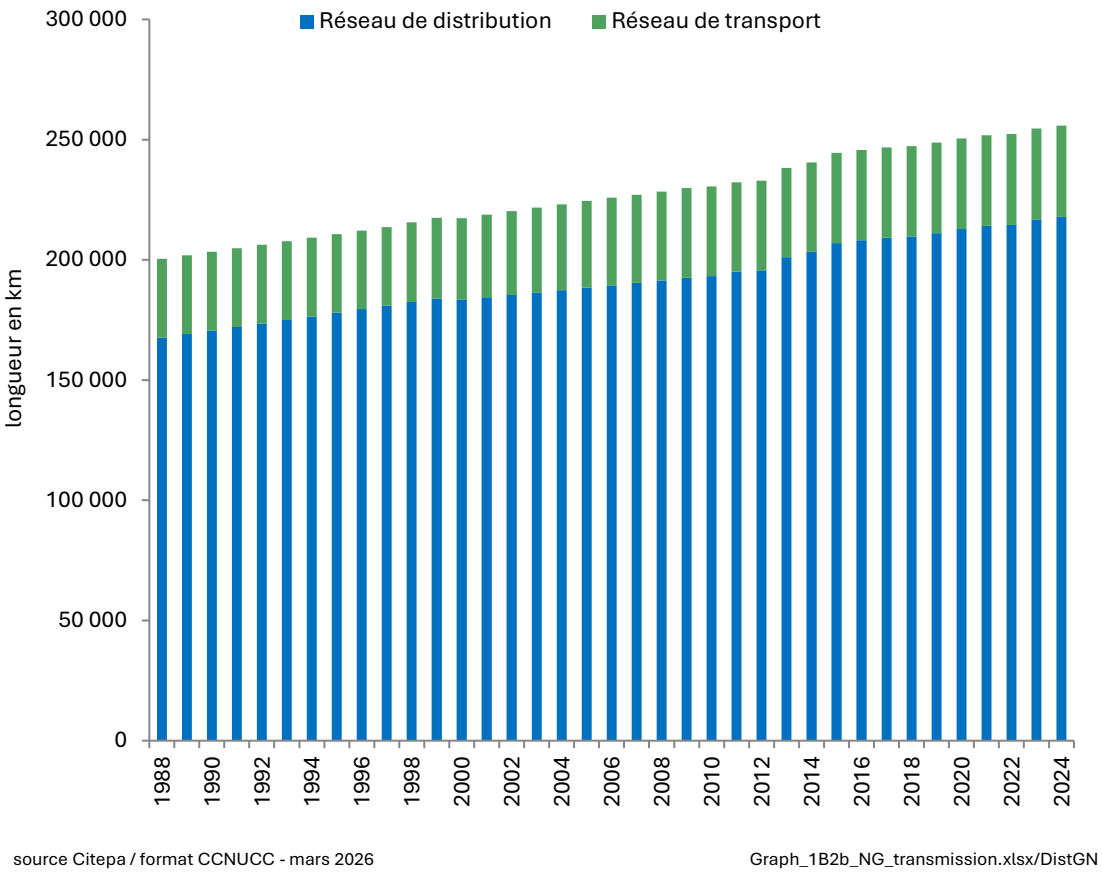


Figure 94 : Longueur de réseau du gaz naturel en France (périmètre France UE)

3.10.1.3 Torchères et venting (NFR 1B2c)

Torchères dans les raffineries

Il y a actuellement 10 raffineries déclarant une activité en France dont une située en Martinique (territoire outre-mer inclus dans l'UE) 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 de la période étudiée.

Le site de La Mède a arrêté le traitement du pétrole brut à la fin de l'année 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. Un projet similaire pour le site de Grandpuits est en cours. Il est prévu que la plateforme de Grandpuits soit de nouveau opérationnelle à partir de 2025.

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 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

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, évents, 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.

3.10.2 Méthodes d'estimation des émissions

Pour plus de détails sur les activités et facteurs d'émission utilisés, se référer à la base de données OMINEA disponible sur le site internet suivant :
https://www.citepa.org/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/

3.10.2.1 Production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution (NFR 1B2a)

Extraction, exploration et transport des combustibles fossiles liquides (1B2ai)

Seules les émissions de COVNM sont estimées pour cette activité, car pour les quelques autres polluants attendus (SOx, PCDD-F), les émissions sont considérées marginales et aucun facteur d'émission n'a pu être identifié dans la littérature.

Emissions de SO_2

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 NOx

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^3 dans les lignes directrices du GIEC 2006, ils peuvent être convertis en kg/Mg à partir de la masse volumique (0,86 Mg/m^3).

Transport de pétrole brut

Les émissions liées au transport par pipeline et camion-citerne sont estimées à partir :

- des facteurs d'émission par défaut des lignes directrices du GIEC [627], identiques à ceux du Raffinement 2019 du GIEC [1374],
- de la quantité de pétrole brut transporté par pipeline en France (PIP) et de la production nationale de pétrole brut transporté par camion-citerne (CIT).

Les facteurs d'émission étant indiqués en Gg / 1000 m^3 dans les lignes directrices du GIEC 2006, ils peuvent être convertis en kg/Mg à partir de la masse volumique (0,86 Mg/m^3).

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]. Les lignes directrices du GIEC 2006 donnent des facteurs d'émission pour le COVNM concernant la ventilation (« venting », VEN). En revanche, pour les émissions fugitives (FUG), les facteurs d'émissions de COVNM proposés présentent une variabilité trop importante. En conséquence, le ratio CO_2/COVNM est 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].

Tableau 166 : Facteur d'émission de l'extraction de pétrole brut – COVNM

	CO_2	COVNM	Ratio COVNM/ CO_2
Facteur d'émission extraction – VEN (Gg/1000 m^3)	9,5E-05	4,30E-04	4,53E+00
Facteur d'émission extraction – FUG (Gg/1000 m^3)	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_3

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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

Emissions de Métaux lourds (ML)

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

Emissions de Dioxines et furanes (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.

Emissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de ces activités.

Raffinage du pétrole (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, techniques d'abattement des émissions diffuses, etc.) [48].

Emissions de SO_2

Le SO_2 est émis au niveau de la régénération du craqueur catalytique (SNAP 040102) et de l'unité Claus (SNAP 040103). 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 annuellement [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 NOx

Les NOx 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 pour 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 procédés, des postes de stockage, de manutention et d'expédition des produits pétroliers. Cependant, des COVNM sont aussi émis au niveau de la régénération du craqueur catalytique.

Les **émissions fugitives des procédés** 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 proportionnelles à 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 pour 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 qui était non équipé d'une chaudière à CO, le FE COVNM était environ 35 fois plus élevé. Cependant, depuis 2013, ce site s'étant équipé d'une chaudière à CO, les émissions ont été réduites.

Pour les autres procédés (SNAP 040105), 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 qui était non équipé d'une chaudière à CO, le FE était beaucoup plus élevé (environ 300 fois plus élevé). Cependant, depuis 2013, ce site s'étant équipé d'une chaudière à CO, les émissions ont été réduites.

Emissions de NH_3

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.

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 filtrable 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 qui était sans chaudière à CO, le facteur d'émission mesuré par l'exploitant était 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].

Emissions de Métaux lourds (ML)

Seules les émissions de certains 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 pour 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 d'émission spécifique calculé à partir des mesures de l'ensemble des autres sites est appliqué.

Emissions de Dioxines et furanes (PCDD-F)

Des émissions de dioxines et furanes se produisent lors de la régénération continue ou semi-continue du craqueur catalytique. 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 potentielles d'émissions de PCDD-F pourraient exister dans le procédé de raffinage (unité de cokéfaction, unité de régénération du soufre, etc.) mais aucun facteur d'émission n'est disponible pour ces autres procédés ; les émissions ne sont donc pas estimées pour ces autres procédés.

Emissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Il n'y a pas d'émission de HAP identifiée pour le brûlage du coke dans le craqueur catalytique.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Il n'y a pas d'émission de PCB identifiée pour le brûlage du coke dans le craqueur catalytique.

Emissions de 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)

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, carburéacteurs, 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, aviation, spéciales et carburéacteurs) sont estimées au moyen de facteurs d'émission qui prennent en compte la mise en œuvre progressive des dispositifs de réduction des émissions tels que le « stage I » (récupération des évents) 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 carburéacteur (moins volatils 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 carburéacteurs 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, 1413, 1414, 1375].

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).

Cependant, il est à noter que faute d'actualisation des données relatives aux quantités d'essence par catégorie (taille) de stations par l'UFIP, les valeurs de 2017 ont été utilisées pour les années ultérieures.

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.

3.10.2.2 Extraction et distribution de gaz naturel (NFR 1B2b)

Extraction et traitement du gaz naturel

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_2

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_2S nécessitant donc une unité de désulfuration.

Des pics d'émission de SO_2 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'arrêt (1 mois environ), les effluents ne sont pas traités ce qui explique ces pics d'émission de SO_2.

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 facteur d'émission équivalent à celui du 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

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 : Natran (ex-GRTgaz, filiale de ENGIE, représentant 86-87% du kilométrage sur la période étudiée) et Terega (ex-TIGF).

Natran (ex-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 (ex-TIGF) transmet annuellement les émissions de son réseau 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'équipement (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 GEREP 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 GEREP 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 Natran (ex-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).

Les sites de stockage et stations de compression sont connus et peuvent être géoréférencés.

Emissions de COVNM

Les émissions de COVNM sont évaluées à partir des émissions de méthane (CH_4), 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.

Tableau 167 : Composition moyenne du gaz naturel (en masse) pour les années 1990, 2000, 2010, 2020 et 2024

	Composition moyenne du gaz naturel (en masse)				
	1990	2000	2010	2020	2024
CH_4	83,8%	85,6%	85,1%	88,5%	89,1%
COVNM	8,7%	8,2%	7,8%	6,5%	7,1%
Ratio CH_4/COVNM	9,7	10,5	11,0	13,6	12,6

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 (cf. section « 1B2b_natural gas transmission »), 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.

3.10.2.3 Torchères et venting (NFR 1B2c)

Torchères dans les raffineries

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_2

Selon les informations disponibles, les émissions de SO_2 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 NOx, TSP

Selon les informations disponibles, les émissions de NOx et de TSP 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 hexagonales, pour les raffineries ne disposant d'aucune donnée sur l'ensemble de la série.

Pour les TSP, les facteurs d'émission du guide EMEP/EEA, issus du guide CONCAWE *Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries* – Edition 2015, précisent que seules les particules filtrables sont prises en compte. Les émissions provenant des déclarations sont, a priori, seulement basées sur les particules filtrables également.

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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

La granulométrie pour les PM_{10} et $PM_{2,5}$ provient de l'étude CEPMEIP [49].

Les $PM_{1,0}$ sont supposées égales aux $PM_{2,5}$.

Emissions de 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 [1348].

Le ratio retenu pour le torchage en raffinerie est de 24%.

Torchères et venting dans l'extraction de gaz et de pétrole

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, NOx, 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 COVNM liées au torchage sur les sites d'extraction de pétrole sont estimées à partir de la quantité de gaz torché et 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, NOx 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 2023 [1348]. Les FE sont supposés constants au cours du temps.

Extraction du gaz

Jusqu'en 2013, 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 :

1. Estimation d'un ratio moyen de quantité de gaz torché en fonction de la quantité de gaz produit (moyenne des données du site de Lacq sur la période 2009-2013),
2. Estimation d'un facteur moyen d'émission pour chacun des polluants, en utilisant de nouveau la moyenne des données du site de Lacq 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.

Avant 2014, 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 souffre. 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_2S 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_2 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 NOx et le CO, 2011 pour le COVNM et 2013 pour le SO_2. Faute des données fiables disponibles, une moyenne basée sur les trois 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 2023 [1349].

Stations de compression et terminaux méthaniers

Les émissions sont calculées à partir des déclarations annuelles de rejets [19]. Les facteurs d'émission spécifiques aux sites sont utilisés à partir de 2013. Faute des données fiables disponibles, une moyenne basée sur les trois premières années disponibles est appliquée aux années précédentes.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Extraction du gaz et pétrole

La granulométrie provient du guide EMEP/EEA 2023 [1349]. Toutes les TSP sont des $PM_{2,5}$.

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 $PM_{2,5}$ est de 24% selon le guide EMEP/EEA 2023 [1348].

3.10.3 Incertitudes

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

3.10.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

3.10.5 Recalculs

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.B.2.a, 1.B.2.b ; 1.B.2.c) sont présentés ci-dessous :

Tableau 168 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1B2

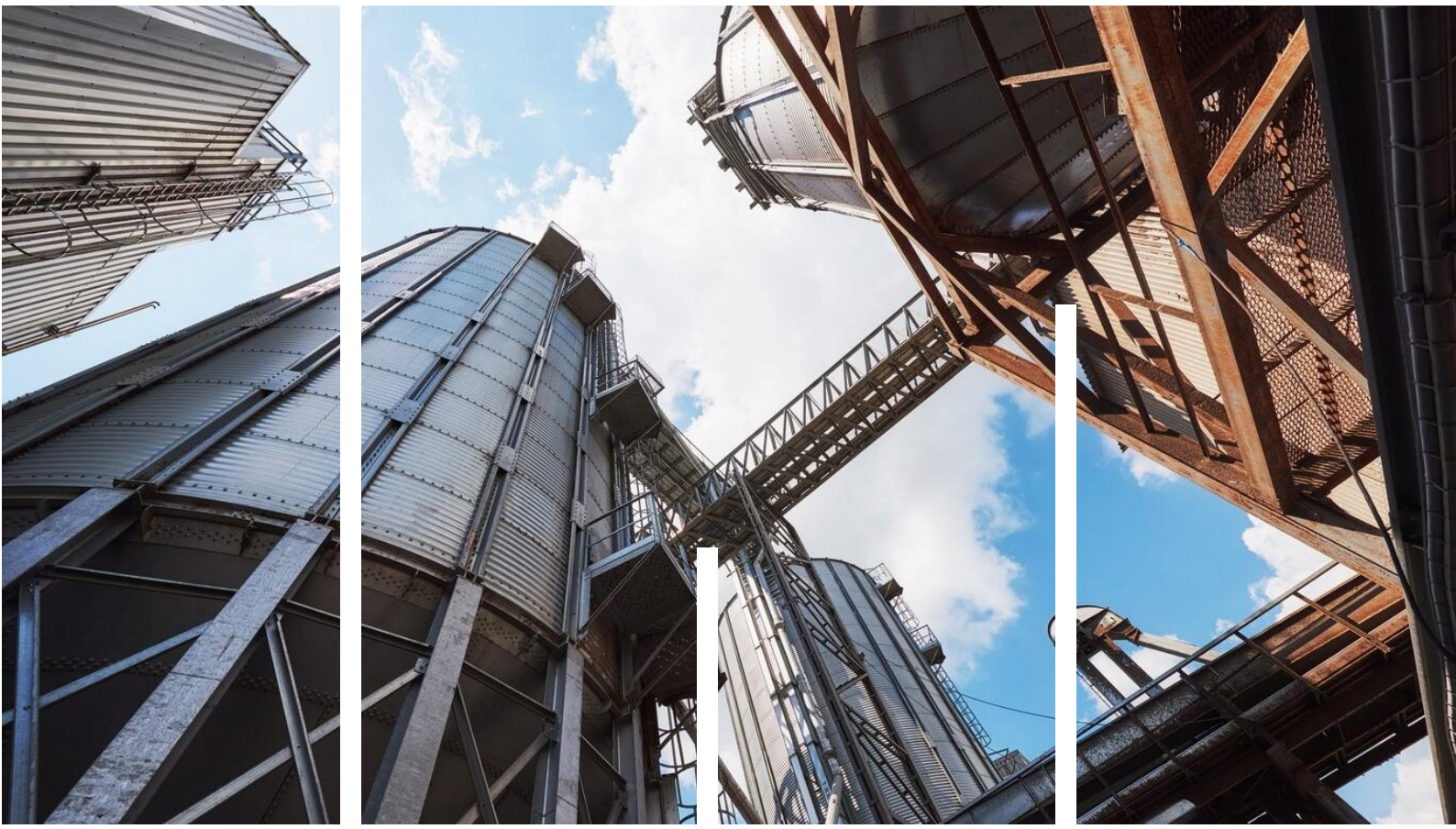
1B2a - Production, transport, transformation des produits pétroliers et leur distribution	
Données d'activité	Recalculs relatifs à l'extraction, exploration et transport de pétrole brut (1.B.2.a.i) dû à la mise à jour des données liées aux terminaux pétroliers : données d'activités portuaires pour 2021, 2022 et 2023 revues à la hausse (changement de source en raison de l'indisponibilité des données CPDP). Recalculs relatifs au raffinage de pétrole (1.B.2.a.iv) : légère révision des quantités de brut traité, notamment en 2020-2022 (cf. section recalculs 1B2c). De plus, pour la SNAP 040102, les consommations de coke de pétrole ont été révisées à la baisse pour les années 2021-2023 pour trois sites, en se basant sur les déclarations ETS plutôt que des recalculs. Recalculs relatifs à la distribution de combustibles (1.B.2.a.v) dû à la mise à jour de données 2021, 2022 et 2023 des consommations de gazole d'essence aviation et d'autres produits pétroliers (consommations revues à la baisse).
SO_2	Recalculs assez significatifs, à la hausse, de 430 et 410 t, soit +26% et +20%, pour 2022 et 2023 car la teneur en soufre du coke de pétrole pour un site était incorrectement calculée.

CO	Recalculs importants, à la hausse, des émissions de CO car les émissions d'un site (Fos) étaient non estimées pour les années 2017 (+13%) et 2018 (+17%)
Cd, Hg, Pb	Légers recalculs des émissions de métaux lourds qui sont recalculées sur les consommations de coke de pétrole, sur 2021-2023, entre -2% et -3%.
COVNM	Les émissions de COVNM des stations-service ont été revues à la hausse sur toute la période suite à la modification du calcul du facteur d'émission annuel, désormais dépendant de la température.
1B2b - Extraction et distribution de gaz naturel (NFR 1B2b)	
COVNM	Emissions revues à la hausse pour l'année 2023 dû au recalcul de la répartition de la distribution de gaz naturel entre GRDF, Terega et autres cette année, suite à une anomalie dans les données sources identifiée lors de l'édition 2024.
1B2c – Flaring and venting	
Données d'activité	*Torchage en raffineries* : - Modification des quantités de pétrole brut traité par la raffinerie de Fos en 2020 (erreur de report), et par celle de Feyzin, à la marge, en 2021 et 2022, qui sont recalculées. - De plus, les consommations de gaz naturel des torchères de la raffinerie de La Mède étaient omises pour les années 2022 et 2023, entraînant une légère hausse de la consommation totale de ces torches. - Enfin, pour la raffinerie de Harfleur, le PCI des consommations des torches a été révisé légèrement pour 2019-2023 car il tenait incorrectement compte du facteur d'oxydation.
Emissions torchères en raffineries	Légers recalculs des émissions qui ne sont pas prises égales aux émissions déclarées dus aux changements de données d'activité : CO et TSP/PM, entre 0% et +1%.
Emissions torchères dans l'extraction de gaz et de pétrole	Emissions revues à la baisse du fait de l'actualisation des années 2022 et 2023 à partir des données de prétraitement : suppression des émissions ajoutées manuellement pour certains polluants non déclarés.

3.10.6 Améliorations envisagées

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)

4.1 Contexte

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 NOx, 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'encres 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.

4.2 Tendances générales sur les procédés industriels

Tableau 169: Emissions du secteur Procédés industriels en France hexagonale en 2024

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /recap_procedes

Substances	Unités	Emissions (*) 2024	Contributions au total national (%) en 2024
SO_2	Gg	9,4	13%
NOx	Gg	5,5	0,9%
NH_3	Gg	3,0	0,5%
COVNM	Gg	361	35%
CO	Gg	318	14%
As	Mg	0,1	0,9%
Cd	Mg	0,5	17%
Cr	Mg	2,8	8,2%
Cu	Mg	73	24%
Hg	Mg	0,2	10,3%
Ni	Mg	4,4	22%
Pb	Mg	4,4	4,9%
Se	Mg	0,5	5,4%
Zn	Mg	63	15%
PCDD/F	g iTEQ	2,7	2,3%
HAP	Mg	1,4	4,1%
PCB	kg	9,9	33%
HCB	kg	0,2	3%
TSP	Gg	143	22%
PM_{10}	Gg	40	17%
$PM_{2,5}$	Gg	17	10%
BC	Gg	0,05	0,2%

NFR excluant les memo items / *corresponds to the "national total" as defined in the NFR excluding memo items*

4.2.1 Emissions de NOx

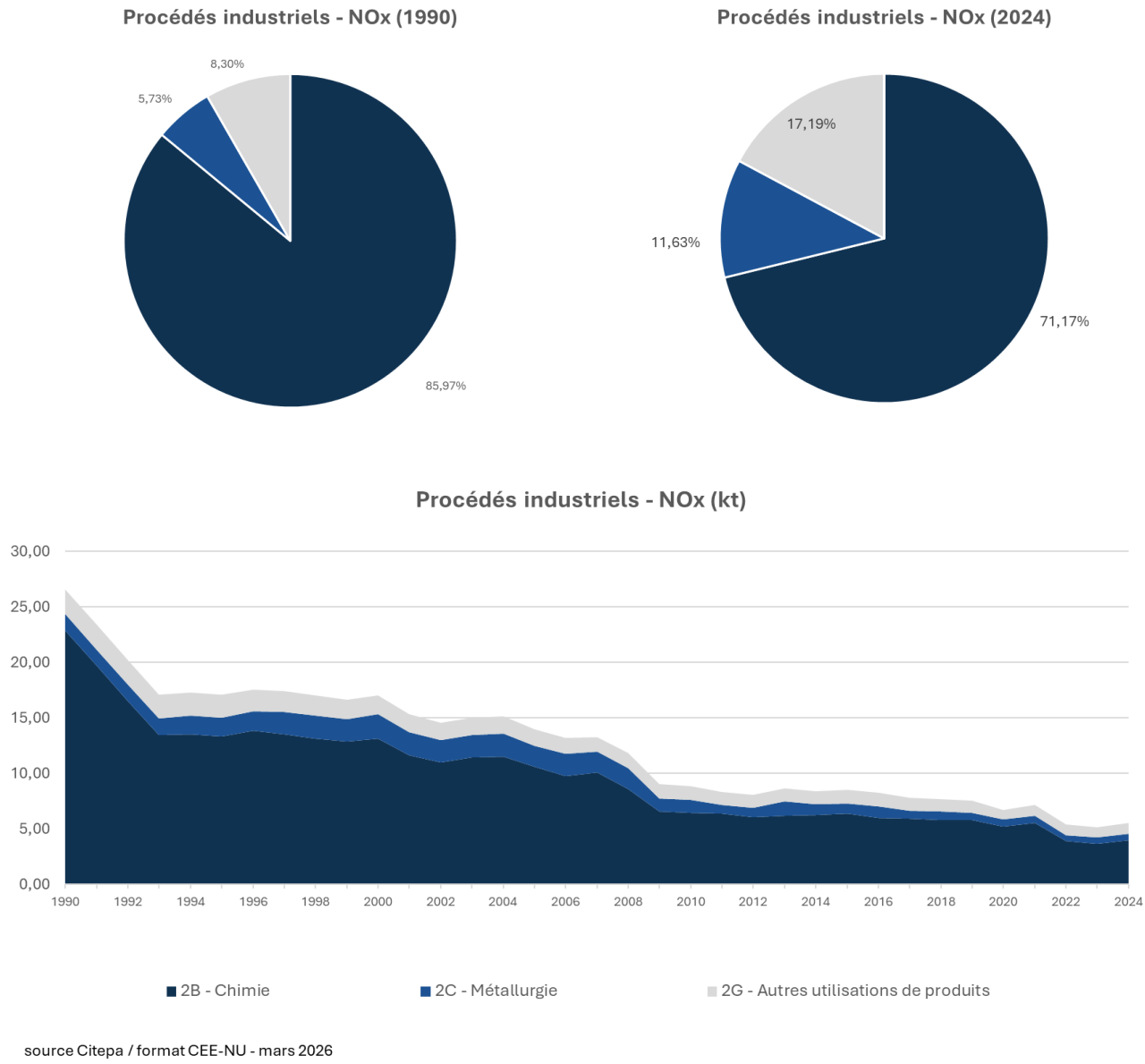


Figure 95 : Evolution et répartition des émissions de NOx du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de NOx ont fortement baissé depuis 1990 (-79% en 2024). Cette baisse est principalement imputable au secteur de la chimie, à l'origine de 86% des émissions du secteur en 1990 et 71% en 2024. 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 2024.

4.2.2 Emissions de COVNM

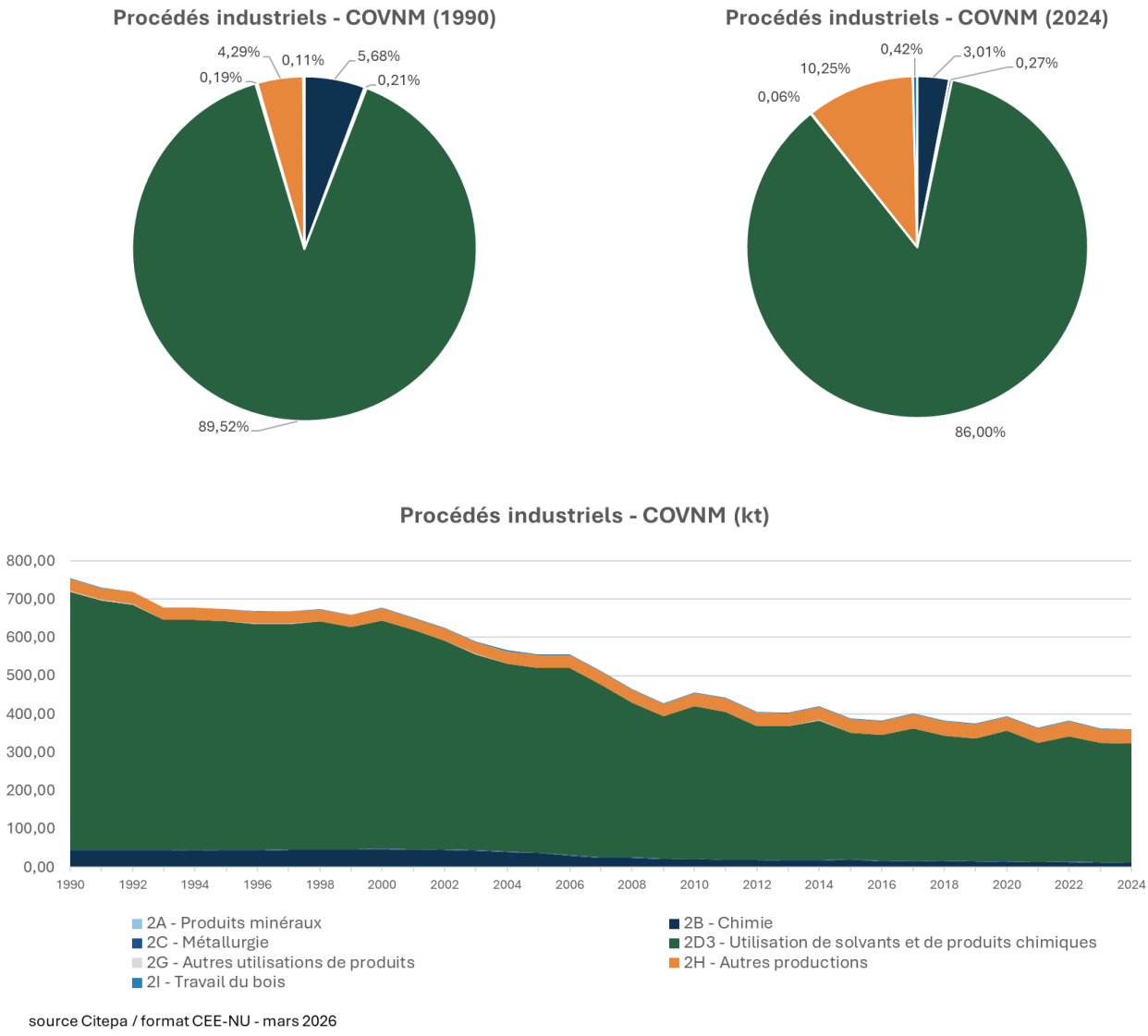


Figure 96 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de COVNM du secteur des Procédés industriels 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 5% en 2020. 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 malgré une baisse marquée en 2021 (-7,5% par rapport à 2020) puis une hausse interannuelle de +5% en 2022 suivie à nouveau d'une baisse similaire (-5%) en 2023. Les émissions ont très légèrement diminué entre 2023 et 2024 (-0,3%).

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 2024, le secteur des Procédés industriels est un fort contributeur au niveau national, représentant 35% des émissions totales nationales de COVNM.

4.2.3 Emissions de SOx

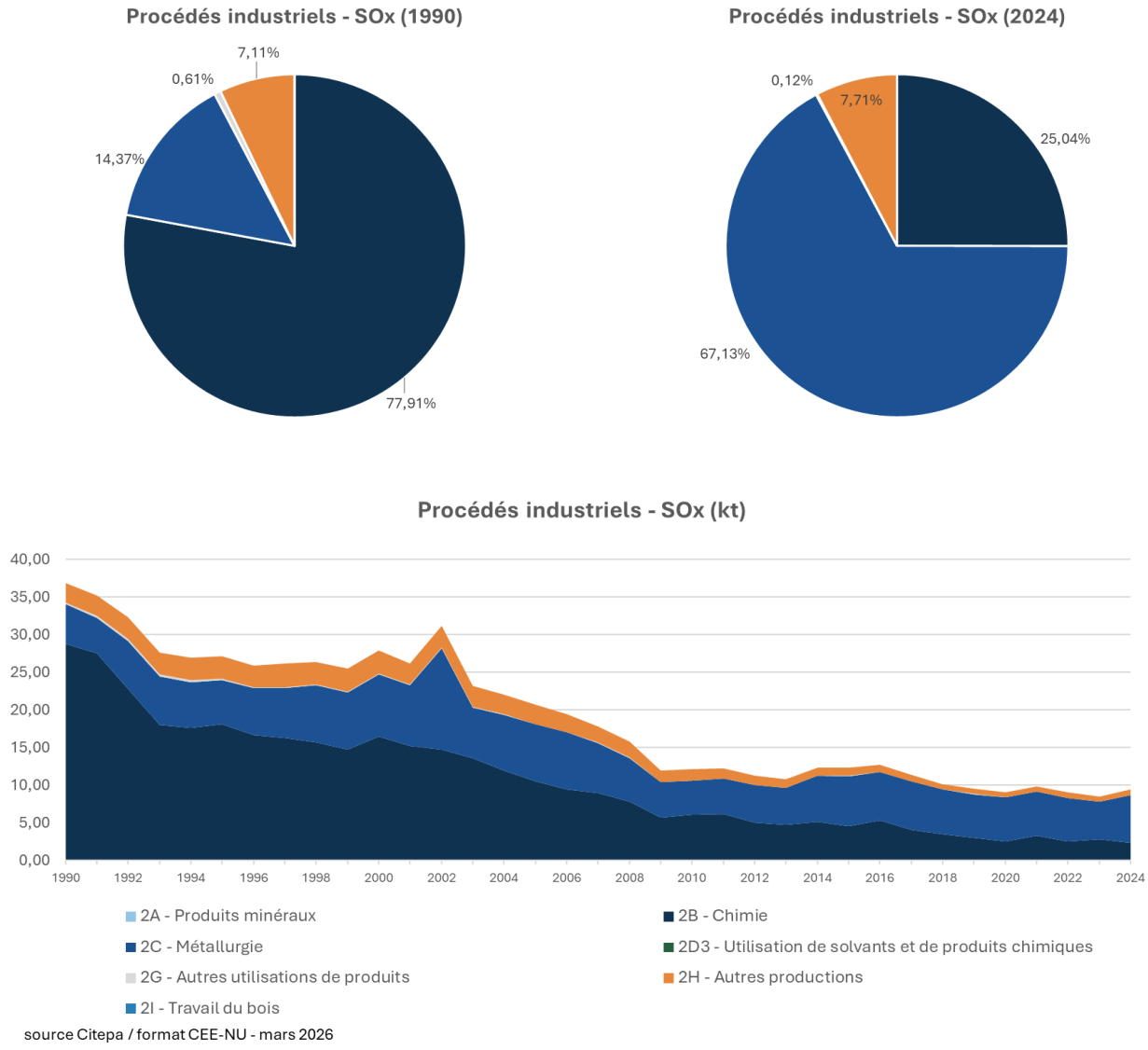


Figure 97 : Evolution et répartition des émissions de SOx du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de SOx ont baissé de 75% depuis 1990 dans le secteur des Procédés industriels. Alors que le principal contributeur était le secteur de la chimie en 1990, le secteur de la métallurgie est devenu majoritaire depuis 2012 (78% des émissions du secteur en 2024).

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%). Également, la fermeture de deux sites (en 2009 et en 2016), a entrainé une réduction de la production de dioxyde de titane, ce qui a notamment eu pour effet une baisse des émissions de SO_X.

En 2024, les procédés industriels représentent 13% des émissions nationales de SOx.

4.2.4 Emissions de NH_3

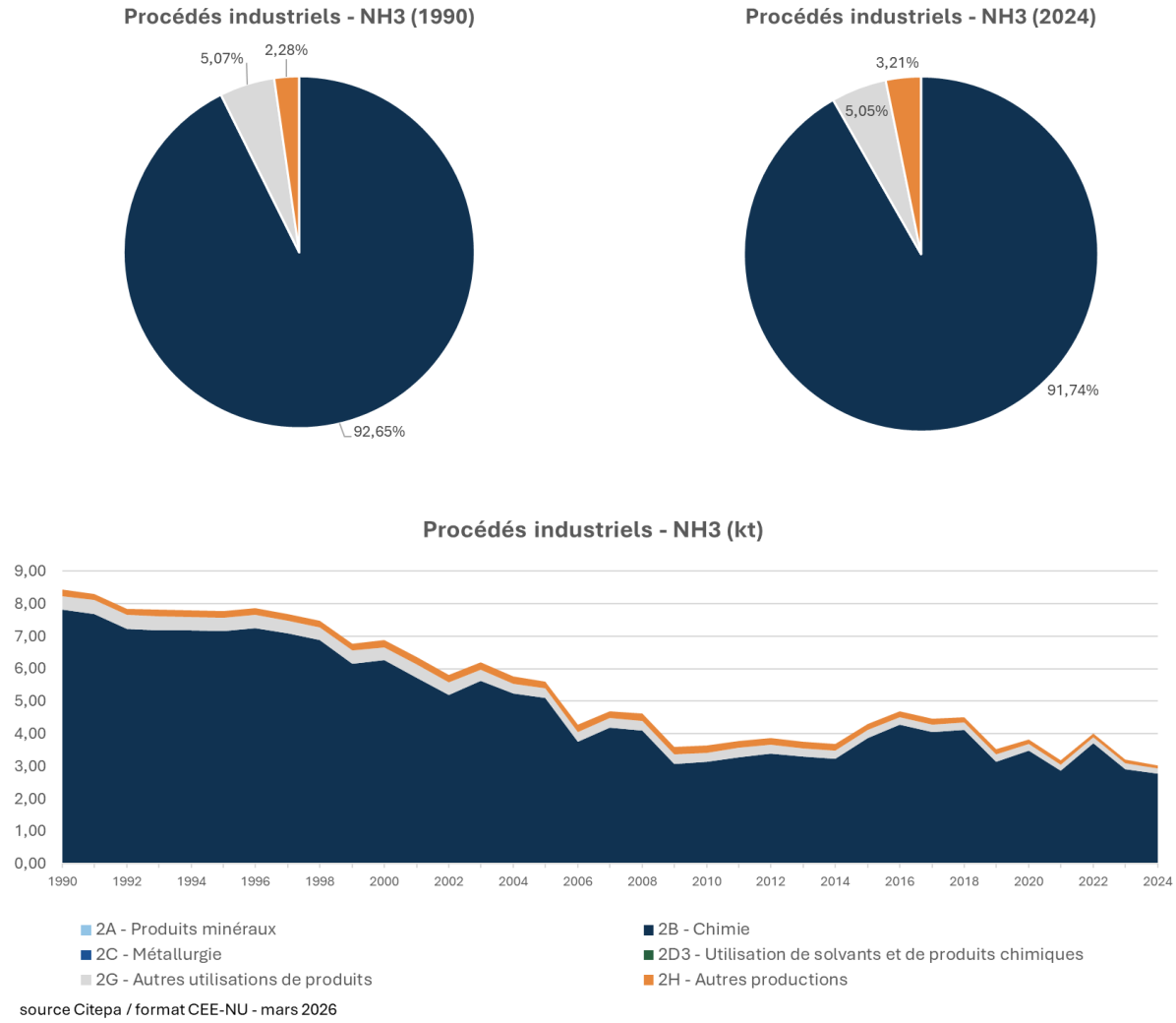


Figure 98 : Evolution et répartition des émissions de NH_3 du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de NH_3 du secteur des Procédés industriels ont baissé de 64% entre 1990 et 2024. 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 marquée à la baisse ou à l'augmentation. La baisse des émissions de NH_3 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 2024 la contribution du secteur des procédés industriels au total national pour les émissions de NH_3 est marginale (moins de 1%).

4.2.5 Emissions de CO

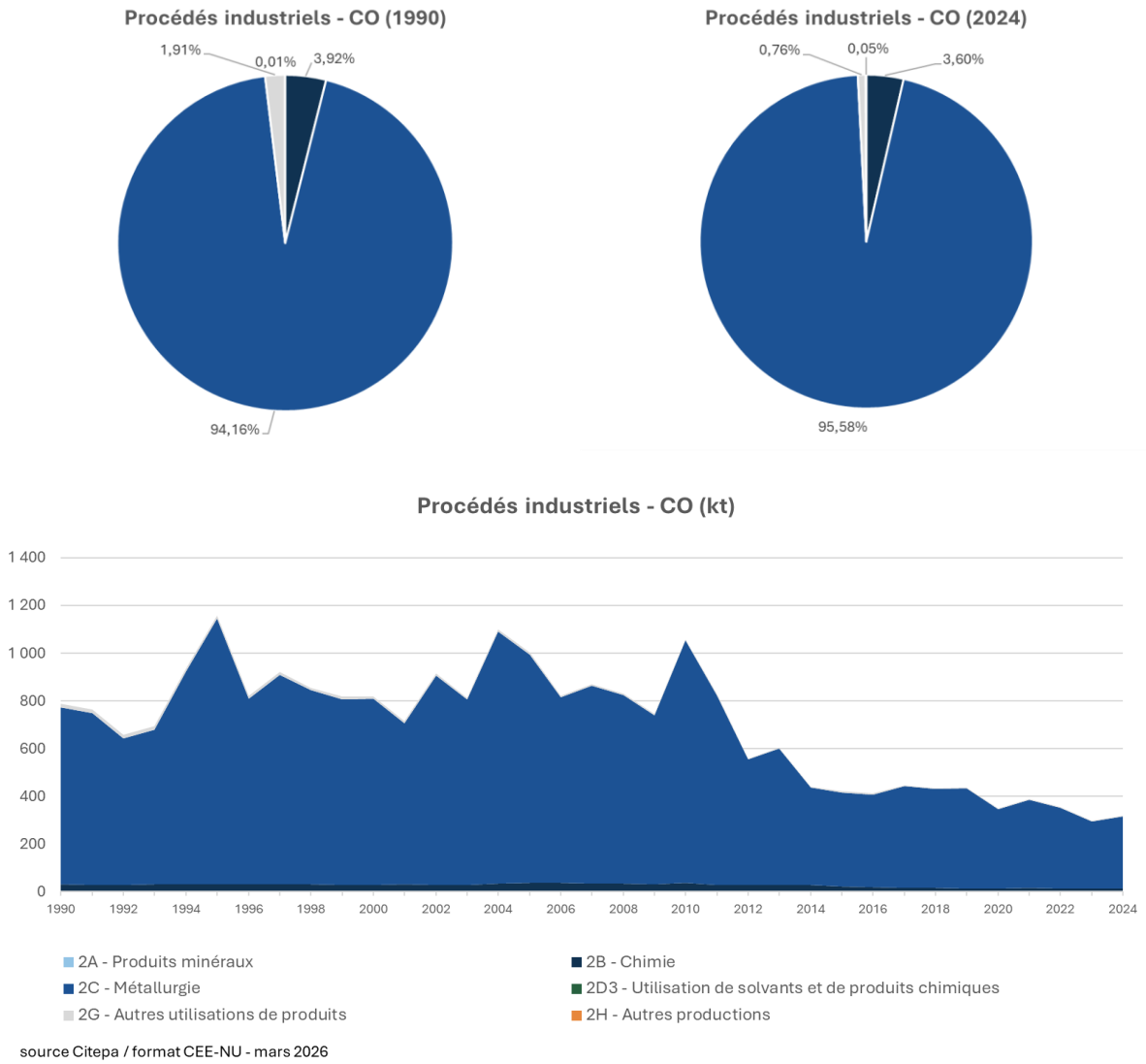


Figure 99 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de monoxyde de carbone ont diminué de 60% entre 1990 et 2024 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 reparties à la hausse (+12%) en 2021 avant de connaitre de nouvelles baisses interannuelles les deux années suivantes (-8% en 2022 puis -16% en 2023). En 2024, les émissions augmentent par rapport à 2023 (+7%) mais restent bien inférieures au rebond de 2021 (-18%).

En 2024, le secteur des Procédés industriels contribue à hauteur de 14% du total national des émissions de CO.

4.2.6 Emissions de $PM_{2,5}$

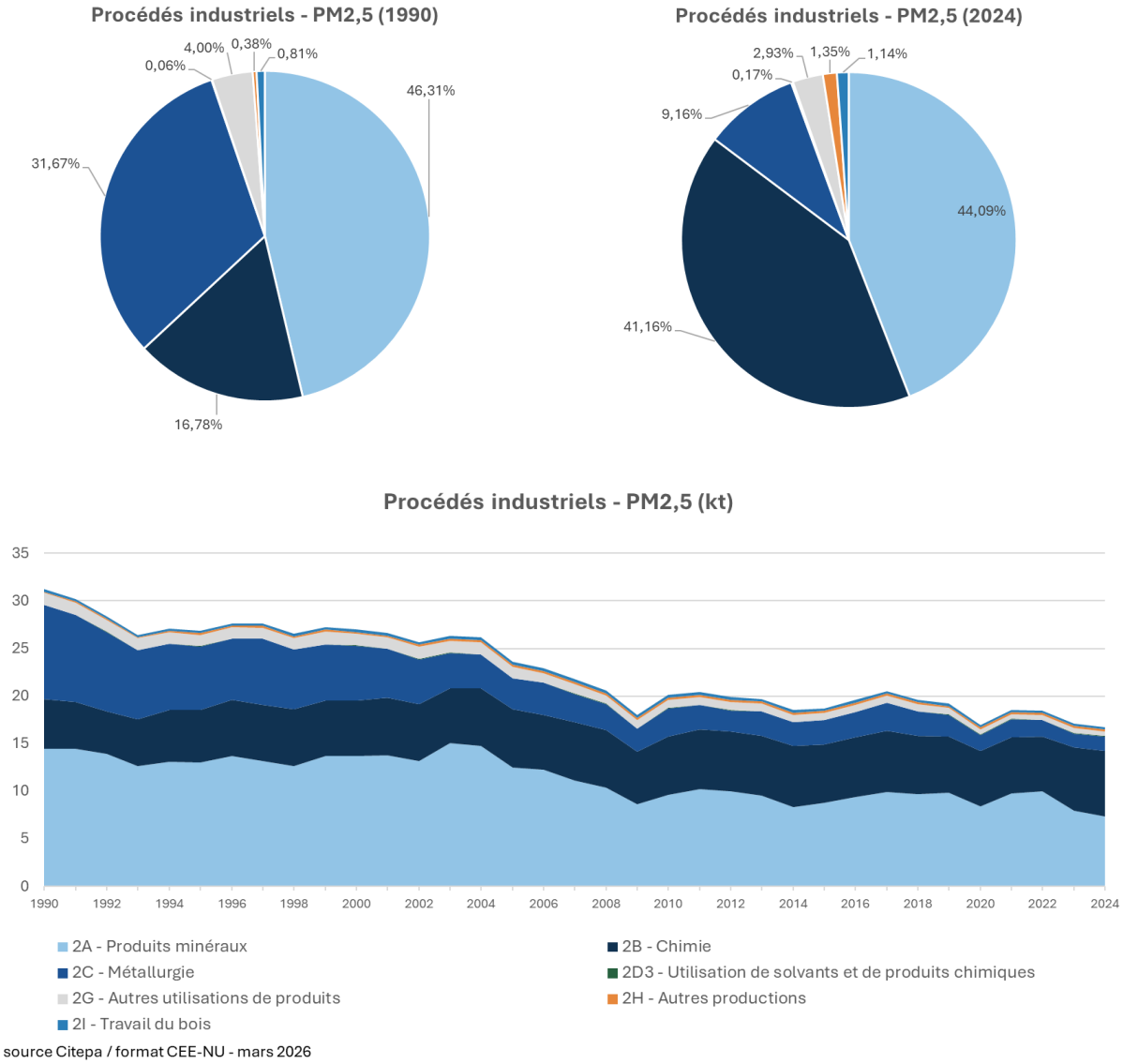


Figure 100 : Evolution et répartition des émissions de $PM_{2,5}$ du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de $PM_{2,5}$ 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 2024 (-47%) est essentiellement dû à la baisse observée dans le secteur de la métallurgie. Cette baisse vient notamment des progrès réalisés par les sidérurgistes, particulièrement dans les aciéries électriques.

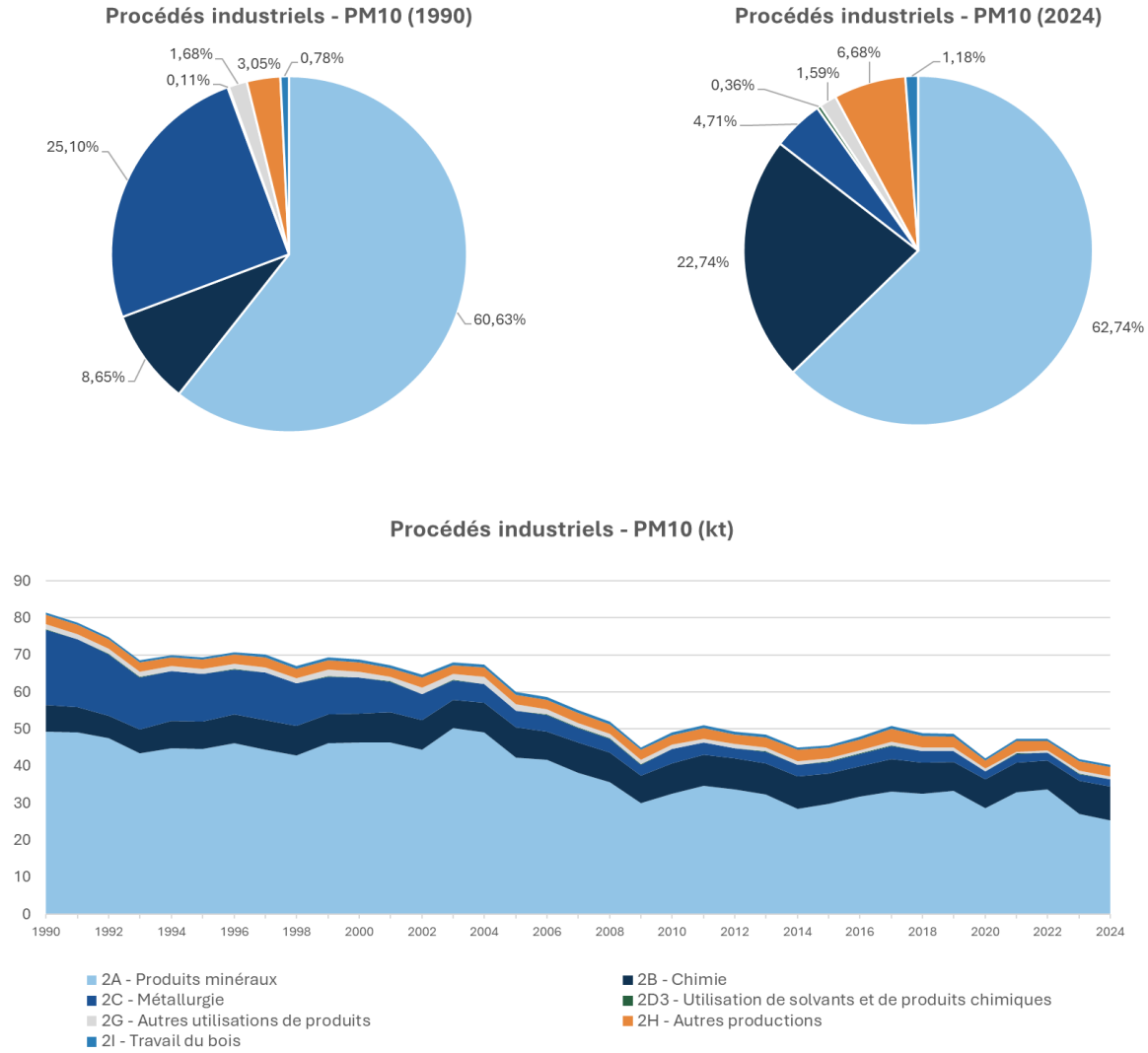
En 2020, suite à la pandémie de Covid-19, les émissions du secteur de la métallurgie (2C) ont baissé de 28% par rapport à 2019. Les émissions sont reparties à la hausse en 2021 (+15% par rapport à 2020) tout en étant inférieures à celle de 2019. En 2022 et 2023, les émissions ont baissé de 11% en 2022 par rapport à 2021 puis de 14% en 2023 par rapport à 2022. Les émissions ont légèrement augmenté entre 2023 et 2024 avec une augmentation de 4% par rapport à 2023.

Dans le secteur 2A (production minérale), les émissions ont baissé de 49% entre 1990 et 2024, en cause une baisse de la production globale, notamment de ciment, et de l'activité dans le secteur du bâtiment et travaux publics. La pandémie de Covid-19 a marqué l'année 2020 avec une baisse de 15% par rapport à 2019. Cette baisse a cependant été suivie d'un effet rebond, les émissions de 2021 et 2022 étant remontées au niveau de 2019 (-1% en 2021 par rapport à 2019). Ces émissions sont cependant en baisse depuis 2022 avec une baisse de 20% en 2023 par rapport à 2022 et de 7% en 2024 par rapport à 2023. 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 2024 (+31%).

En 2024, les émissions de $PM_{2,5}$ du secteur des Procédés industriels représentent environ 10% des émissions nationales.

4.2.7 Emissions de PM_{10}



source Citepa / format CEE-NU - mars 2026

Figure 101 : Evolution et répartition des émissions de PM_{10} du secteur Procédés industriels (kt)

Entre 1990 et 2024, les émissions de PM_{10} ont diminué de 51% 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.

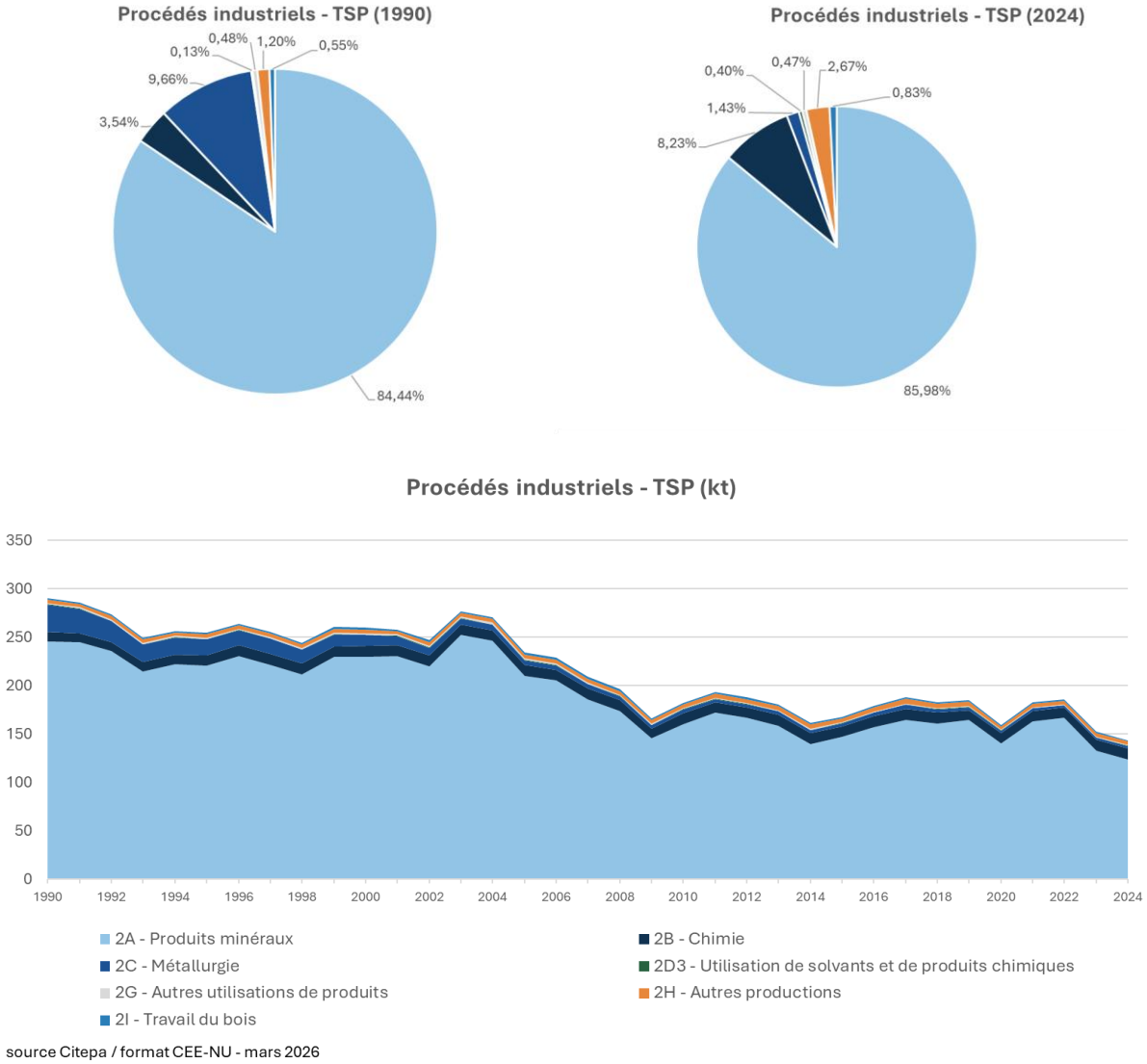
Concernant la production minérale, de nombreuses installations industrielles ont mis en place des techniques de dépoussiérage. Les émissions ont diminué de 49% par rapport à 1990. Les variations observées au cours du temps s'expliquent par les variations de l'activité des chantiers du BTP.

Concernant le secteur de la métallurgie, les progrès réalisés par les sidérurgistes dans les aciéries électriques expliquent en grande partie la baisse des émissions (-91% en 2024 dans le secteur 2C par rapport à 1990).

Les émissions du secteur 2B de la chimie ont augmenté entre 1990 et 2024 (+30%).

En 2024, près de 17% des émissions de PM_{10} en France proviennent du secteur des Procédés industriels.

4.2.8 Emissions de TSP



source Citepa / format CEE-NU - mars 2026

Figure 102 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur Procédés industriels (kt)

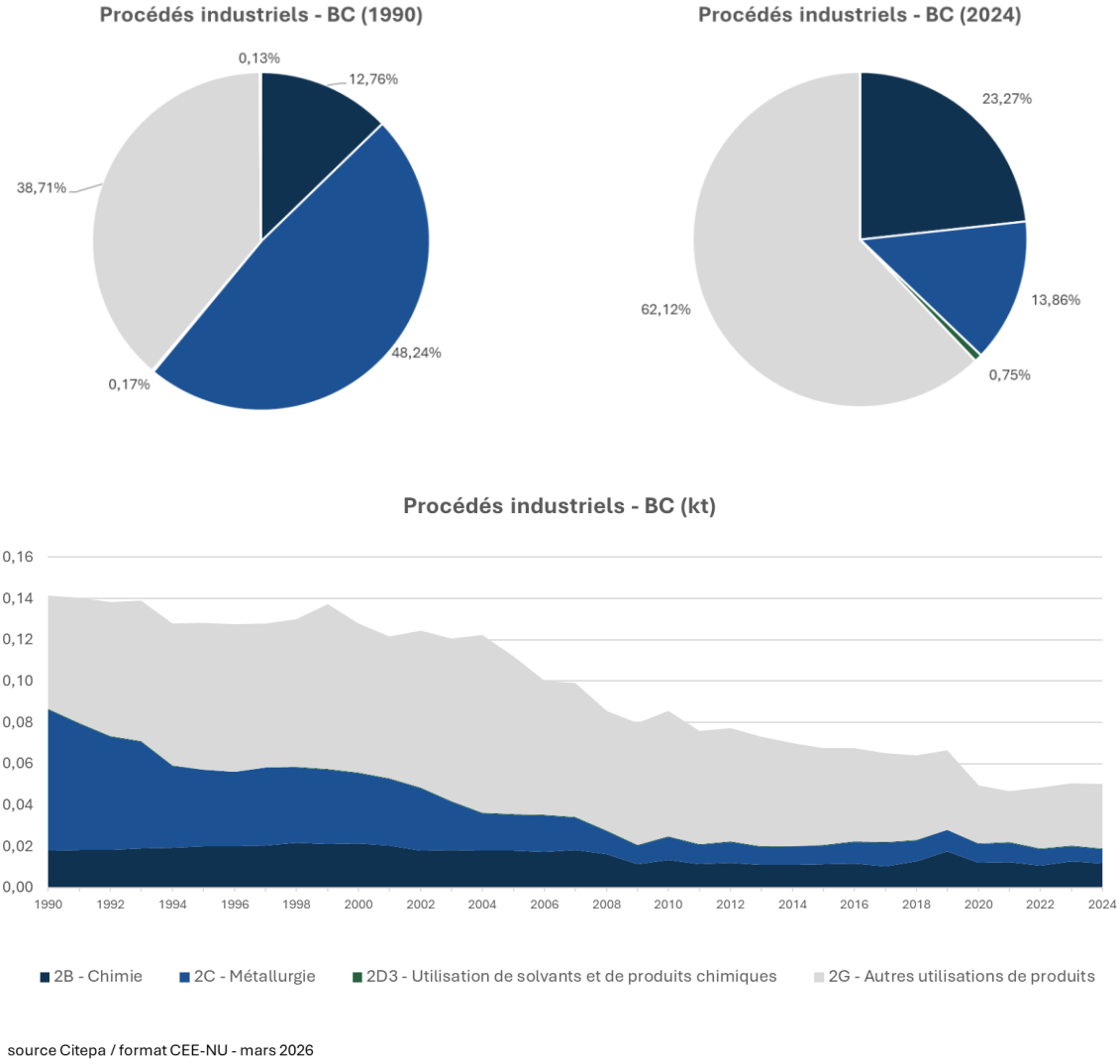
Les émissions de poussières dans le secteur des Procédés industriels ont baissé de 51% entre 1990 et 2024. Cette forte baisse s'observe notamment dans le secteur de la production minérale, suite à la mise en place de dépoussiéreurs sur plusieurs sites industriels ainsi que par la baisse de l'activité 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. Depuis 2023, les émissions baissent pour atteindre des niveaux inférieurs à ceux observées lors de la pandémie de Covid-19.

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 2024 (+15%) en raison d'une augmentation de production de sulfure de carbone et d'hydrogène en France.

En 2024, le secteur des Procédés industriels contribue à hauteur de 22% aux émissions nationales de TSP.

4.2.9 Emissions de BC



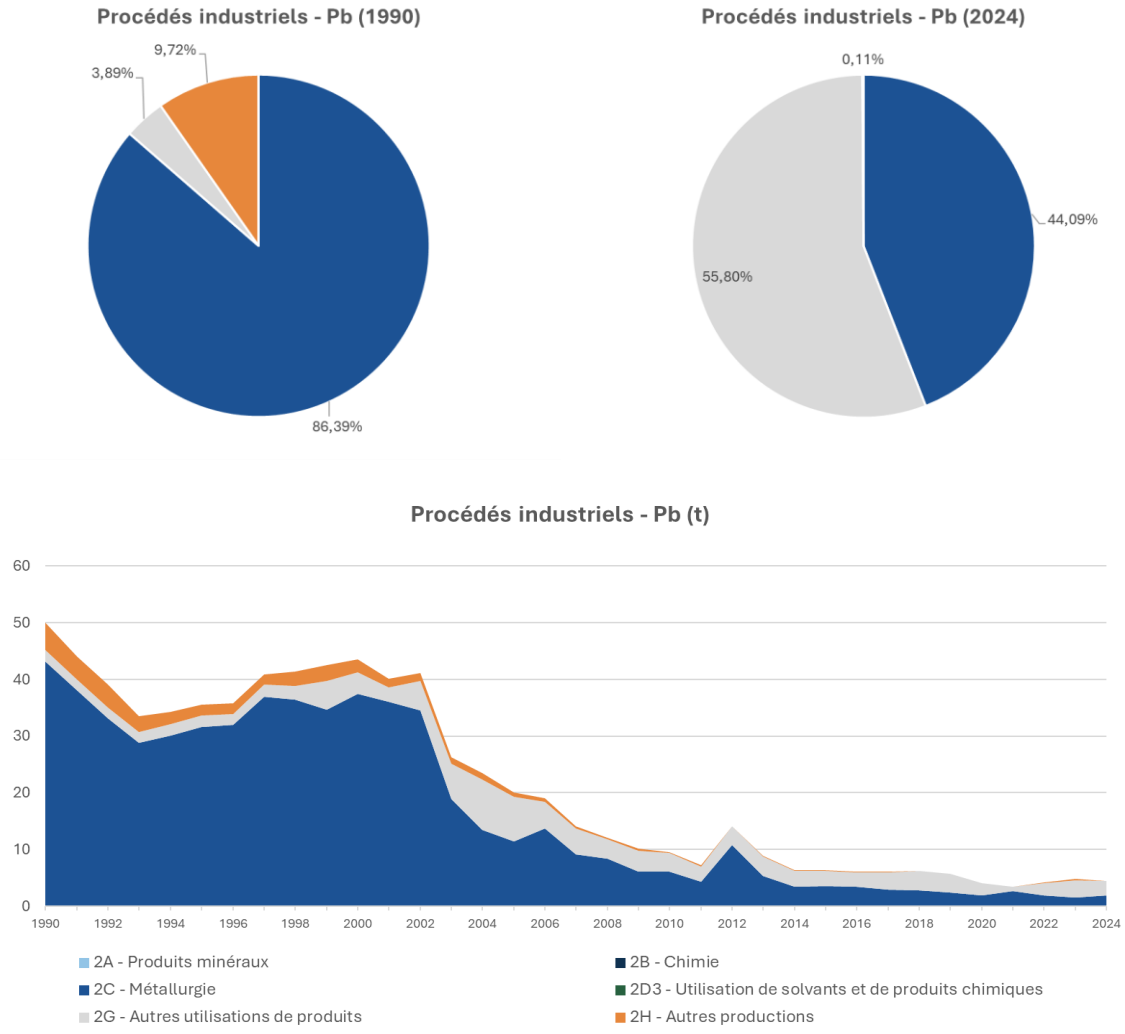
source Citepa / format CEE-NU - mars 2026

Figure 103 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur Procédés industriels (kt)

Les émissions de carbone suie ont baissé de 65% entre 1990 et 2024 dans le secteur des Procédés industriels. Les émissions sont faibles en valeur absolue. En effet, aucun des sous-secteurs n'est une source clé (en termes de niveau ou d'évolution) pour ce polluant.

Le secteur des Procédés industriels ne représente que 0,2% du total national en 2024 des émissions de carbone suie.

4.2.10 Emissions de Pb



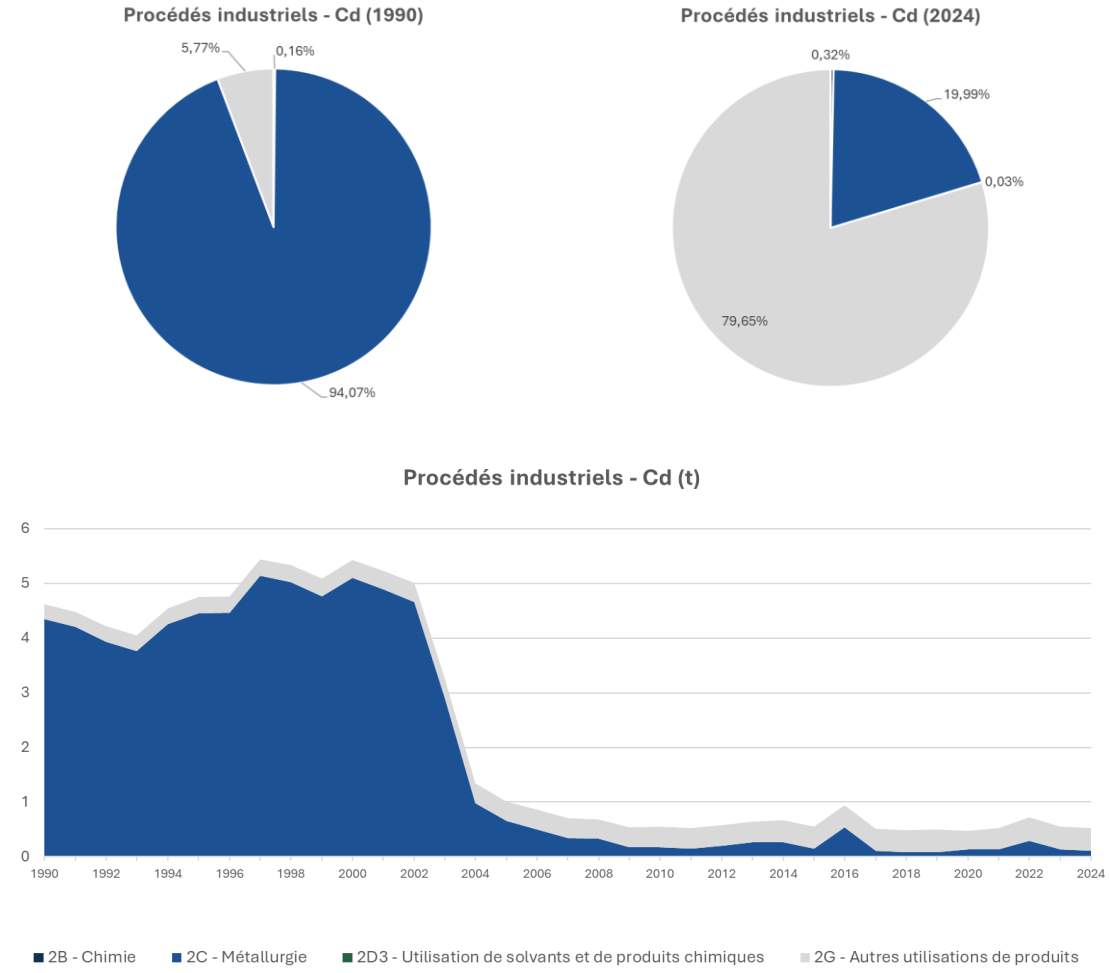
source Citepa / format CEE-NU - mars 2026

Figure 104 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur Procédés industriels (t)

La forte baisse des émissions de plomb dans ce secteur (-91% entre 1990 et 2024) 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 entrainé une baisse des émissions de 29% par rapport à 2019. La baisse s'est poursuivie en 2021, avec -15% par rapport à 2020. Cependant, les émissions ont de nouveau augmenté en 2022 et 2023, avec des hausses interannuelles de +19 % et +16 %. En 2024, les émissions sont reparties à la baisse avec -8% par rapport à 2023.

Les procédés industriels représentent environ 5% des émissions nationales de plomb en 2024.

4.2.11 Emissions de Cd



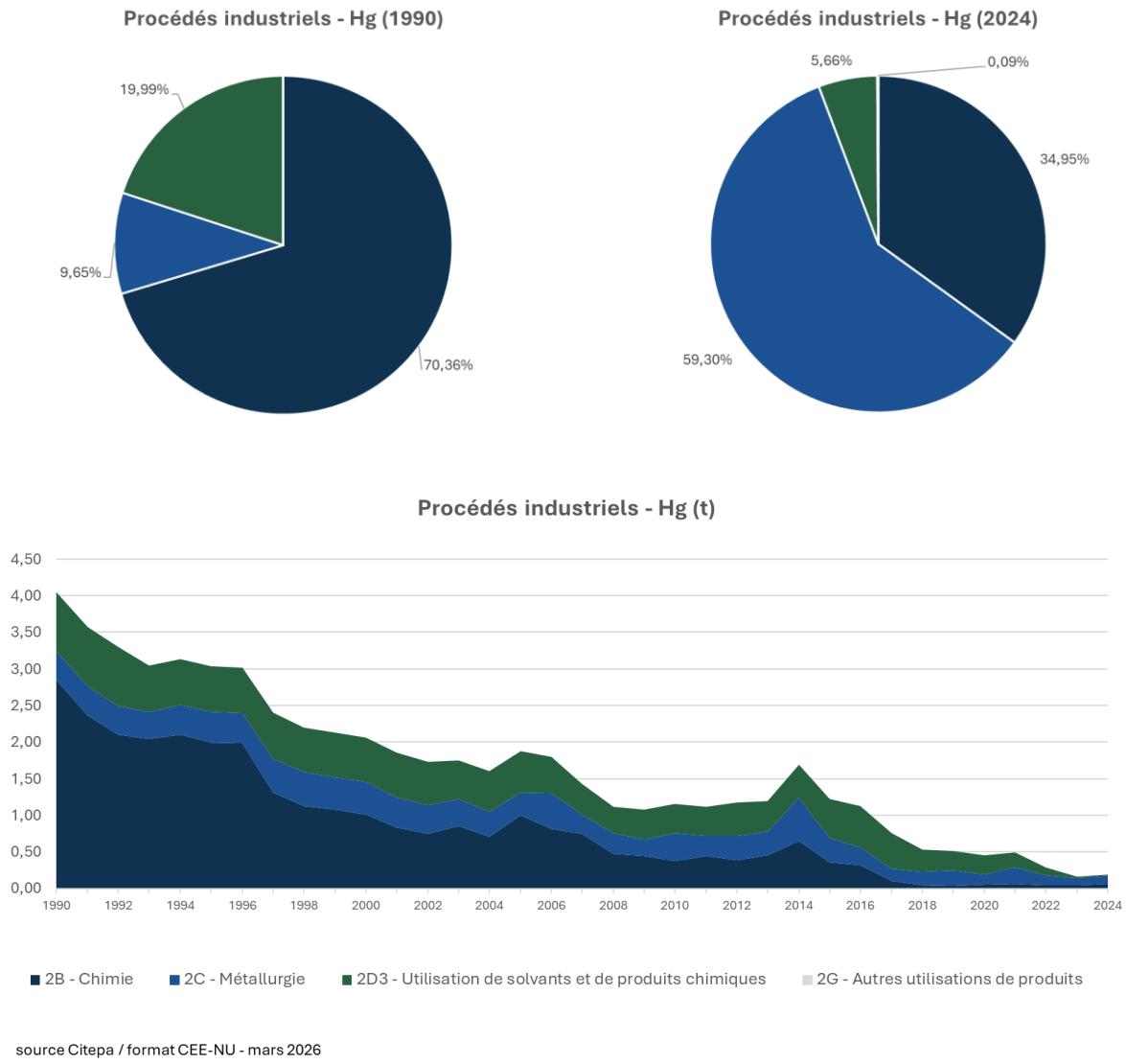
source Citepa / format CEE-NU - mars 2026

Figure 105 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur Procédés industriels (t)

La forte baisse des émissions de cadmium dans ce secteur (-89% entre 1990 et 2024) est principalement liée à la mise en place de dépoussiéreurs sur de nombreuses installations industrielles.

En 2024, les émissions de cadmium provenant du secteur des Procédés industriels sont faibles en valeur absolue (0,5 tonne environ), mais représente tout de même 17% du total national.

4.2.12 Emissions de Hg



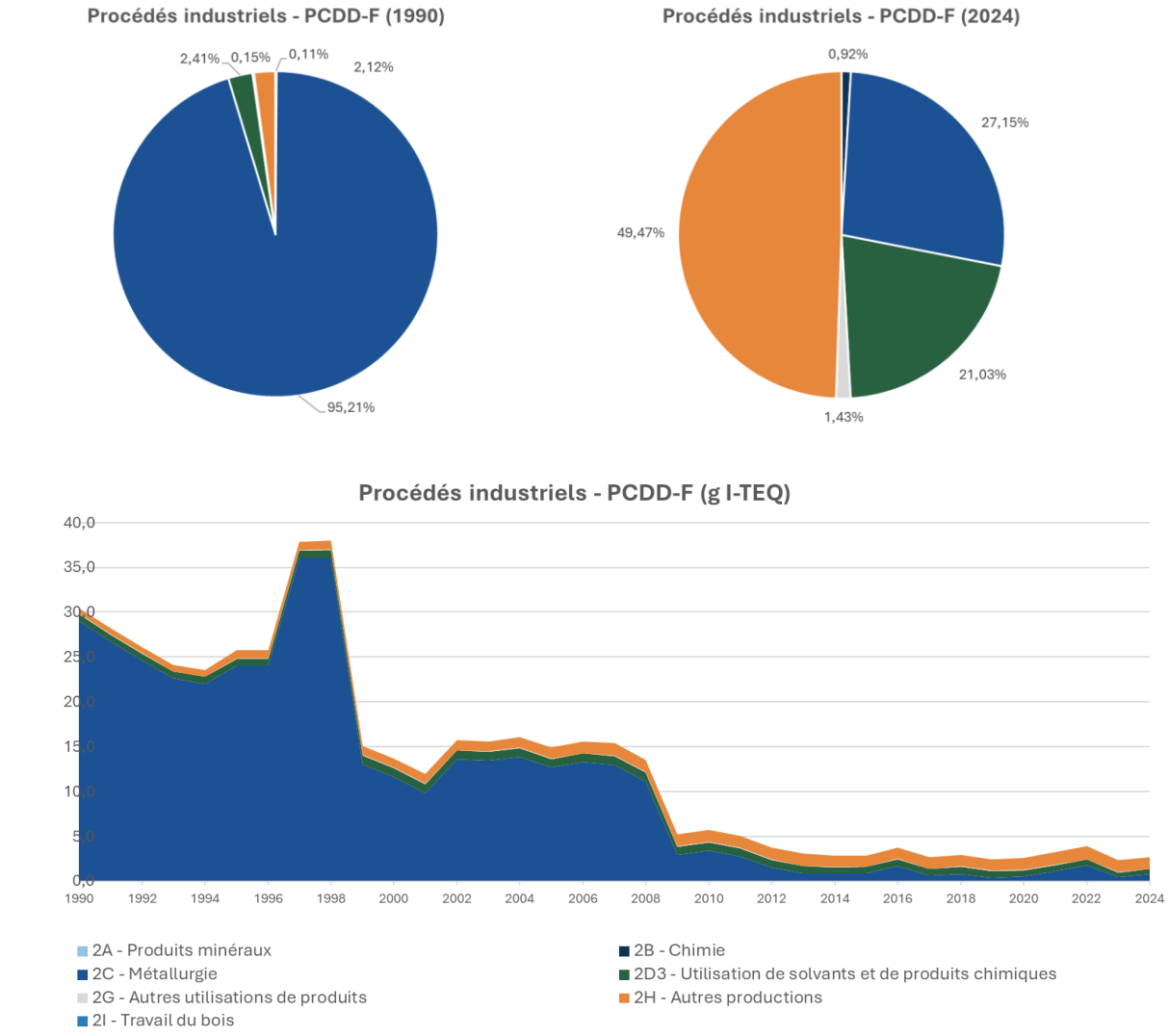
source Citepa / format CEE-NU - mars 2026

Figure 106 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur Procédés industriels (t)

La baisse observée dans les émissions de mercure dans ce secteur depuis 1990 (-95% en 2024) 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 des Procédés industriels représente 10% des émissions nationales de mercure en 2024.

4.2.13 Emissions de PCDD-F



source Citepa / format CEE-NU - mars 2026

Figure 107 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur Procédés industriels (g I-TEQ)

La baisse observée dans le secteur des Procédés industriels 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 91% en 2024 par rapport à 1990. En 2024, le secteur des Procédés industriels contribue de manière assez marginale (2%) aux émissions nationales de PCDD-F.

4.2.14 Emissions de HAPs

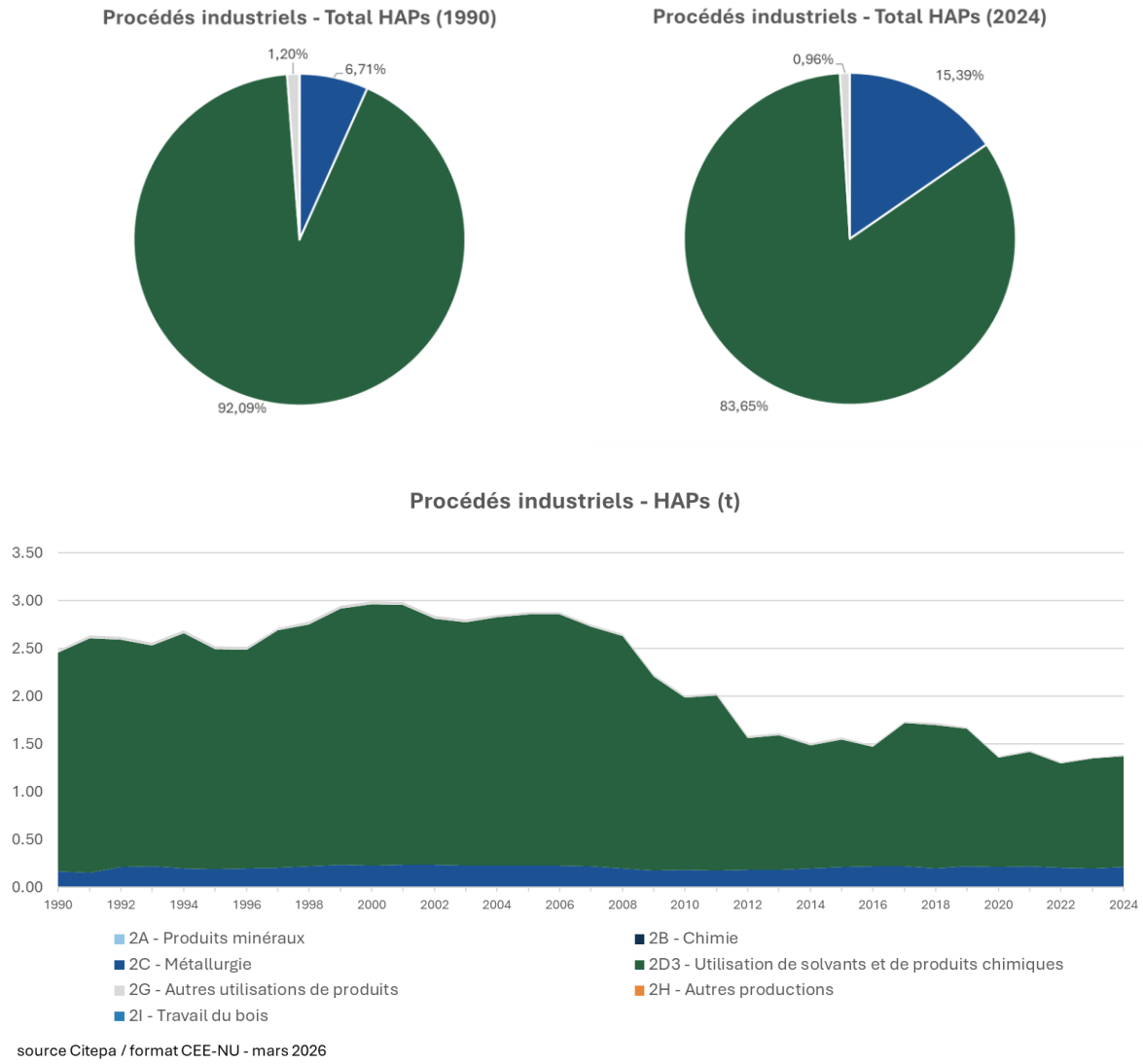
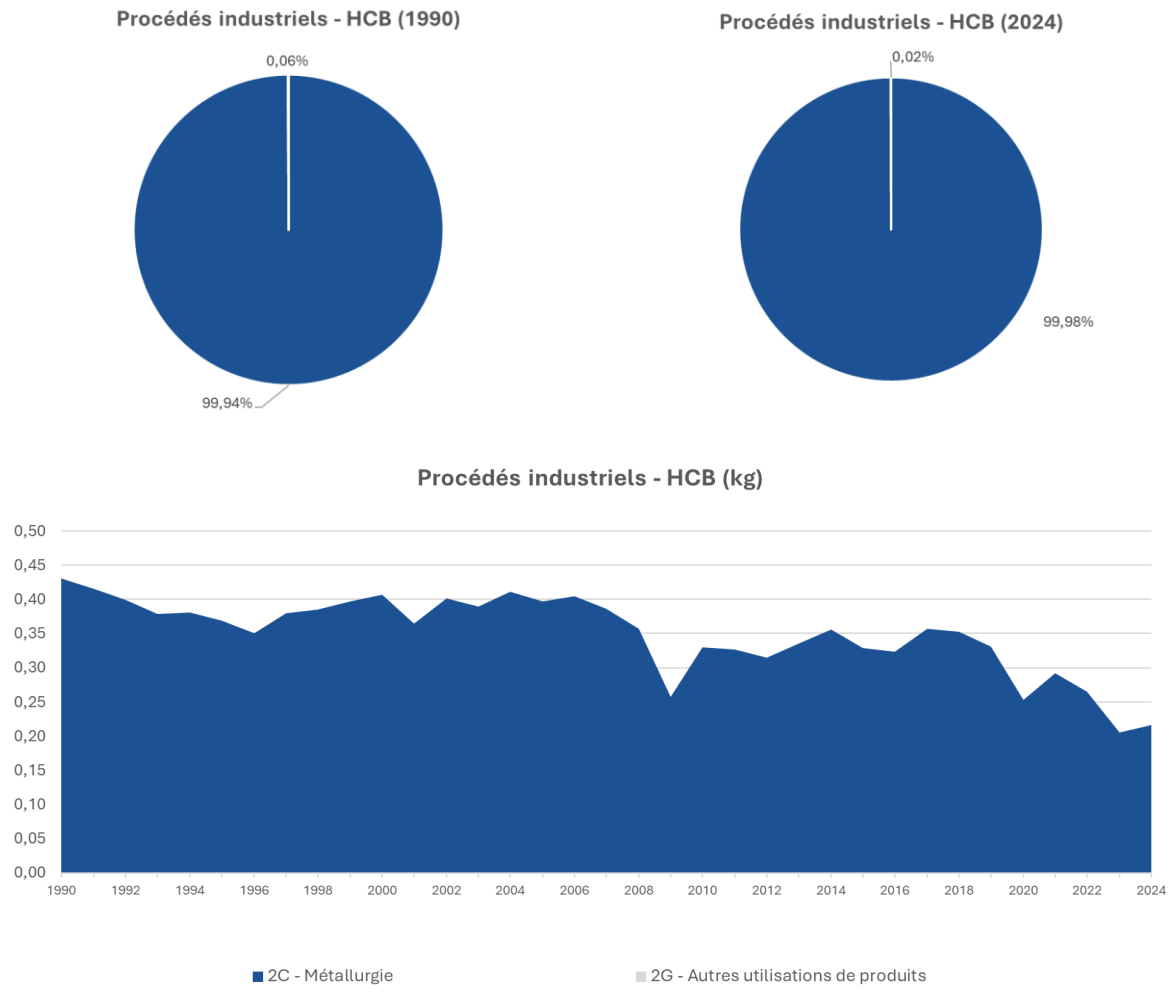


Figure 108 : Evolution et répartition des émissions de HAPs du secteur Procédés industriels (t)

Les émissions de HAP du secteur des Procédés industriels ont baissé de 44% en 2024 par rapport à 1990, baisse essentiellement concentrée sur la période 2009-2012. Le principal sous-secteur contributeur est celui de la métallurgie (NFR 2C).

Au niveau national, sa contribution aux émissions de HAP est de 4% en 2024.

4.2.15 Emissions de HCB



source Citepa / format CEE-NU - mars 2026

Figure 109 : Evolution et répartition des émissions de HCB du secteur Procédés industriels (kg)

Concernant les émissions de HCB du secteur des Procédés industriels, elles proviennent exclusivement du sous-secteur de la métallurgie (NFR 2C). Entre 1990 et 2024, les émissions ont suivi une baisse de 50%.

La contribution au niveau national est de 3% en 2024.

4.2.16 Emissions de PCB

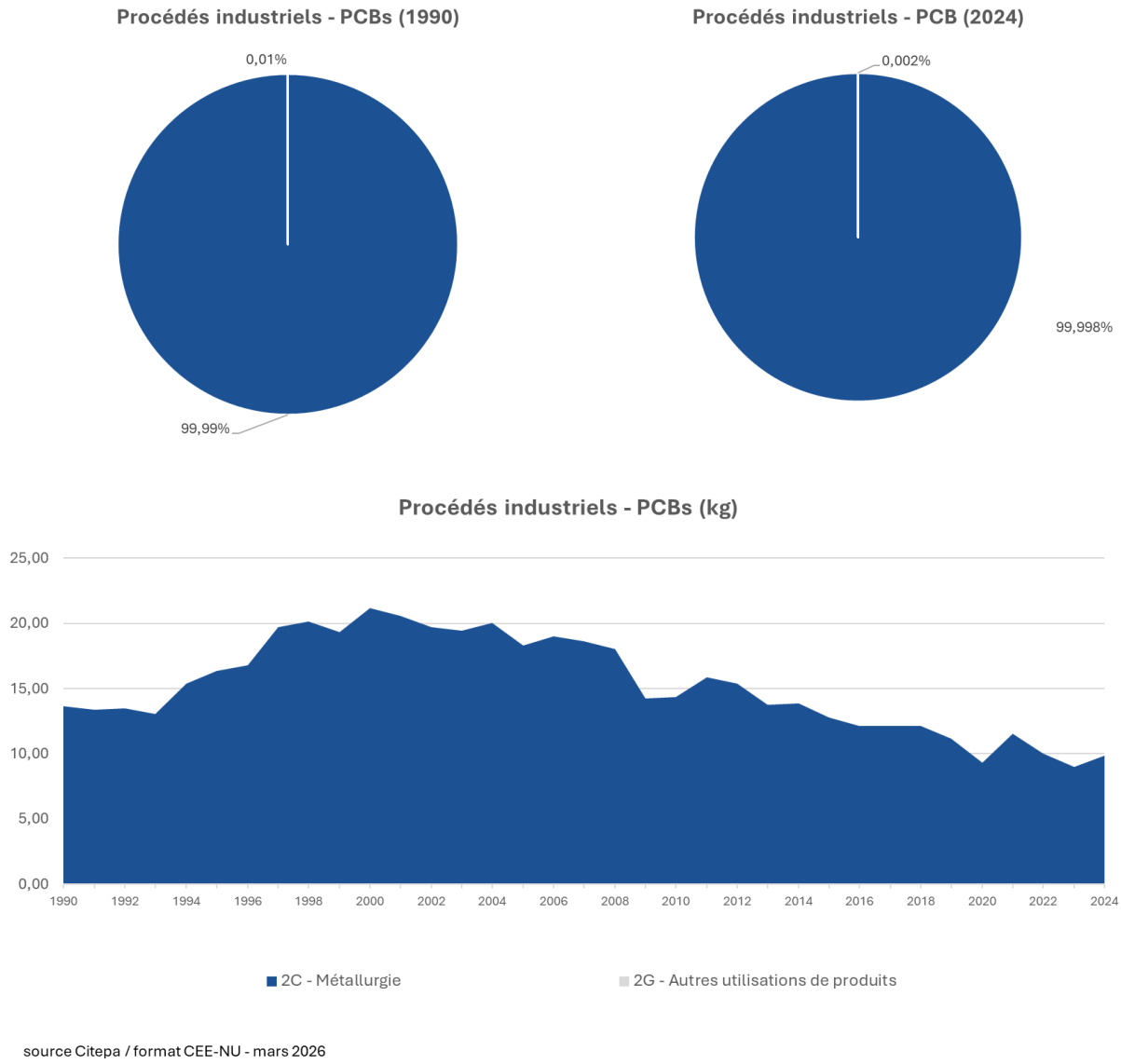


Figure 110 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur Procédés industriels (kg)

Les émissions de PCB du secteur des Procédés industriels proviennent exclusivement du sous-secteur de la métallurgie (NFR 2C). Ce sous-secteur contribue à 33% des émissions nationales de PCB en 2024. Entr e1990 et 2024, ces émissions ont baissé de 28% dans ce secteur.

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 avec une baisse de -17% par rapport à 2019. Les émissions ont réaugmenté en 2021 (+24% par rapport à 2020), dépassant le niveau de 2019 pour diminuer à nouveau en 2022 (-

13%/2021) et 2023 (-10%/2022) avant de remonter en 2024 (+10%/2023) au niveau observé en 2022.

4.3 Produits minéraux (NFR 2A)

4.3.1 Caractéristiques de la catégorie

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 170 : Polluants pour lesquels le secteur 2A5 est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
$PM_{2,5}$	4	4,4%	-	-
PM_{10}	2	10,6%	4	6,6%
TSP	2	18,6%	2	23,9%

4.3.1.1 Production de ciment (NFR 2A1)

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.

4.3.1.2 Production de chaux (NFR 2A2)

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_2 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 $CaCO_3$ contenue dans les roches calcaires utilisées par les sucriers est basée sur la quantité de betterave traitée [332]. Une partie de la quantité de $CaCO_3$ 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 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 CO_2 dans le cadre de l'EU ETS), « lorsque la chaux vive et le 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 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.

4.3.1.3 Production de verre (NFR 2A3)

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 gobeleterie 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 4 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 hexagonale.

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. À partir de 2016, seules les déclarations individuelles des industriels sont utilisées pour déterminer les niveaux de production [19] .
- **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. Depuis 2016, les données sont communiquées directement par la Fédération des Industries du Verre [240]. En 2024, ces données n'ont pas été communiquées par la Fédération des Industries du Verre. Les déclarations individuelles des industriels ont donc été utilisées afin de déterminer les niveaux de production. [19]
- **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. Depuis 2016, les données sont communiquées directement par la Fédération des Industries du Verre [240]. En 2023 et 2024, ces données n'ont pas été communiquées par la Fédération des Industries du Verre. Les déclarations individuelles des industriels ont donc été utilisées afin de déterminer les niveaux de production. [19]

- **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. Depuis 2016, les données sont communiquées directement par la Fédération des Industries du Verre [240]. En 2024, ces données n'ont pas été communiquées par la Fédération des Industries du Verre. La méthode utilisée en 2014 et 2015 est donc appliquée.
- **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 1 550 °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.

4.3.1.4 Extraction de minéraux (NFR 2A5a)

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.).

4.3.1.5 Construction et démolition (NFR 2A5b)

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.

4.3.1.6 Stockage et manipulation de produits minéraux (NFR 2A5c)

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 ATILH [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].

4.3.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/.

4.3.2.1 Production de ciment (NFR 2A1)

Emissions de particules

Concernant les émissions, 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.

4.3.2.2 Production de chaux (NFR 2A2)

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 2023, 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.

4.3.2.3 Production de verre (NFR 2A3)

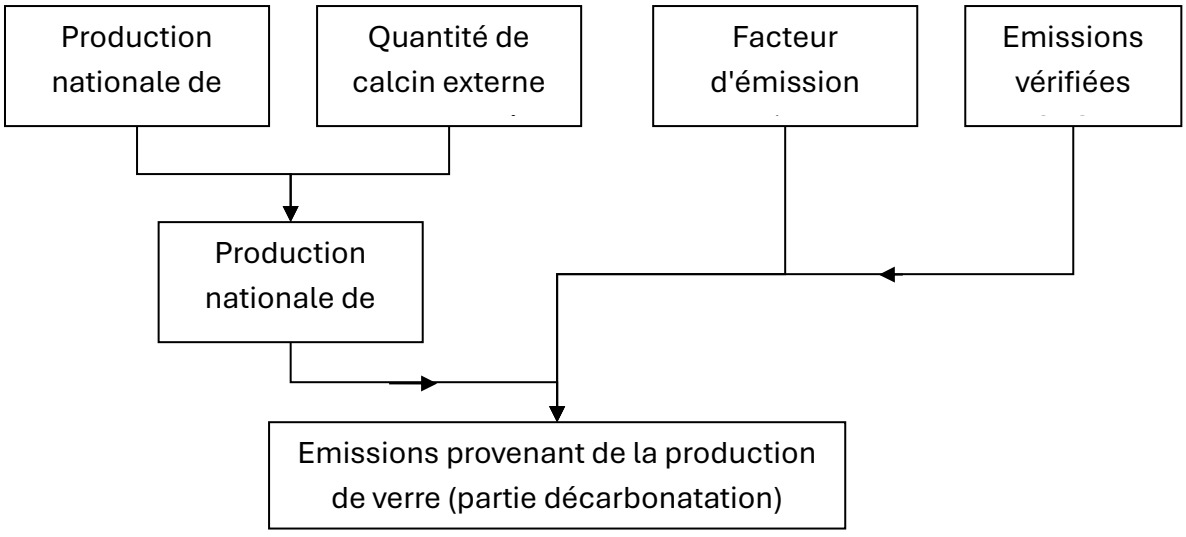
Emissions de particules

Concernant les émissions de particules, le facteur d'émission de référence est celui du guide EMEP 2023, 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 ».

Figure 111: Logigramme du processus d'estimation des émissions de CO2 relatives à la décarbonatation dans la production de verre



4.3.2.4 Extraction de minéraux (NFR 2A5a)

Emissions de particules

L'ensemble de la production des matériaux de construction et produits de carrières est émetteur de poussières. La méthode utilisée pour estimer les émissions de particules est

décrite dans le guide EMEP/EEA 2023 [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 des produits de carrières sont fournies dans les rapports annuels de l'UNICEM [352] par type de roches et présentées dans le tableau suivant :

Tableau 171 : 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	204 200 000	126 700 000	28 100 000
2020	188 300 000	117 900 000	24 900 000
2021	202 165 000	130 325 000	31 591 000
2022	197 372 000	125 425 000	34 169 000
2023	175 797 000	109 581 000	32 460 550
2024	172 696 671	102 348 654	31 162 128

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 suivants. Cette distribution est considérée constante dans le temps.

Tableau 172 : Distribution des carrières par capacité de production (% de la production totale par type de roche)

Capacités de productions	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 173 : Distribution des carrières par capacité de production (% du nombre total de carrières par type de roche)

Capacités de productions	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 suivant. 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 174 : Distances parcourues en camion par tonne produite (m/tonne)

Capacités de productions	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 suivant. Ces résultats sont considérés constants dans le temps.

Tableau 175 : Taux de route revêtue par catégorie de carrières

Capacités de productions	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 suivant 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 176 : 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 suivant par catégorie de carrières. Ces valeurs sont considérées constantes dans le temps.

Tableau 177 : 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 suivant.

Tableau 178 : Parts de fines en surface sur les routes

Type de route	MAS	MEU	REC
Part de fines – routes non revêtues (%)	2%	1%	2%
Part de fines – routes revêtues (g/m^2)	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 179 : Flux par équipement par type de roche

Type d'équipement	MAS	MEU	REC
Unité primaire			
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%
Unité secondaire			
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%
Unité tertiaire			
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 180 : Nombre d'unités primaires, secondaires et tertiaires par catégorie de carrières

Catégorie de carrière	MAS	MEU	REC
Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)			
Unité primaire	100%	100%	100%
Unité secondaire	100%	100%	100%
Unité tertiaire	75%	100%	0%
Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)			
Unité primaire	100%	100%	100%
Unité secondaire	100%	100%	100%
Unité tertiaire	75%	100%	0%
Petites carrières (Prod. < 100 Mt)			
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. Les tableaux suivants présentent respectivement les taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les concasseurs et les cribles.

Tableau 181 : Taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les concasseurs

Catégorie de carrière	MAS	MEU	REC
Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)			
Bardage partiel (partial enclosure)	79%	79%	79%
Lavage sur site (water spray)	24%	24%	24%
Abattement total[1]	71%	71%	71%
Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)			
Bardage partiel (partial enclosure)	61%	61%	61%
Lavage sur site (water spray)	22%	22%	22%
Abattement total[1]	57%	57%	57%
Petites carrières (Prod. < 100 Mt)			
Bardage partiel (partial enclosure)	0%	0%	0%
Lavage sur site (water spray)	0%	0%	0%
Abattement total[1]	0%	0%	0%

[1] Une efficacité de 85% est considérée pour le bardage partiel et une efficacité de 50% pour le lavage sur site.

Tableau 182 : Taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les cribles

Catégorie de carrière	MAS	MEU	REC
Grandes carrières (Prod. > 500 Mt)			
Étanchéité tamisage (covered screen)	39%	39%	39%
Criblage humide (wet screening)	0%	70%	0%
Abattement total[1]	20%	76%	20%
Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt)			
Étanchéité tamisage (covered screen)	26%	26%	26%
Criblage humide (wet screening)	0%	70%	0%
Abattement total[1]	13%	74%	13%
Petites carrières (Prod. < 100 Mt)			
Étanchéité tamisage (covered screen)	0%	0%	0%
Criblage humide (wet screening)	0%	0%	0%
Abattement total[1]	0%	0%	0%

[1] 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 suivant.

Tableau 183 : 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 2023 [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.

4.3.2.5 Construction et démolition (NFR 2A5b)

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 [1390]. 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

4.3.2.6 Stockage et manipulation de produits minéraux (NFR 2A5c)

Seules des émissions de particules sont générées par cette activité.

Emissions de particules

Le Guidebook EMEP 2023 [1070] précise en son chapitre 2A5c (stockage, manipulation et transport de produits minéraux) les sources d'émission de particules à retenir (méthode Tier 2), à savoir 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 2023 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 2023 [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 2023 [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 $PM_{2,5}$.

L'inclusion de la fraction condensable des poussières n'est pas précisée dans la littérature.

Type de particules	*Facteur d'émission (g/t produits minéraux)*
TSP	12
PM_{10}	6
$PM_{2,5}$	0,6
$PM_{1,0}$	0,6

4.3.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

4.3.5 Recalculs

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 184 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2A

2A1 – Cement production	
Données d'activité	Pas de recalcul
2A2 – Lime production	
Données d'activité	Mise à jour des niveaux de production de plusieurs sites pour 2019-2023, à la suite de la détection d'incohérences entre les différents onglets des déclarations étudiées.
2A3 – Glass production	
Données d'activité	Pas de recalcul
2A5a - Quarrying and mining of minerals other than coal	
Données d'activité	Mise à jour des données d'activités 2022-2023
2A5b - Construction and demolition	
Données d'activité	Pas de recalcul
2A5c - Storage, handling and transport of mineral products	
Données d'activité	Mise à jour des données d'activité sur la période 2019-2023

4.3.6 Améliorations envisagées

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 est en cours et les paramètres, voire l'équation du guide EMEP 2023, pourraient être révisés afin d'améliorer l'exactitude de l'estimation des émissions.

4.4 Métallurgie (NFR 2C)

Cette catégorie regroupe la production de fonte et d'acier, de ferroalliages, d'aluminium primaire, de nickel, et le broyage de batteries.

4.4.1 Caractéristiques de la catégorie

Rappel des polluants pour lesquels le secteur de la métallurgie (2C) est source clé :

Tableau 185 : Polluants pour lesquels le secteur 2C est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
SO_2	3	8,9%	-	-
PM_{10}	-	-	5	5,1%
TSP	-	-	5	5,1%
CO	2	13,6%	2	10,0%
Cd	-	-	2	23,5%
Hg	6	6,1%	-	-
As	-	-	2	15,1%
Cr	-	-	1	91,5%
Cu	-	-	4	9,1%
Ni	6	6,1%	1	19,0%
Zn	5	5,0%	1	69,9%
PCB	1	32,9%	-	-

4.4.1.1 Procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier et des cokeries (NFR 2C1)

Les activités traitées dans cette section concernent une partie des ateliers sidérurgiques, dans la limite de la partie des procédés non énergétiques.

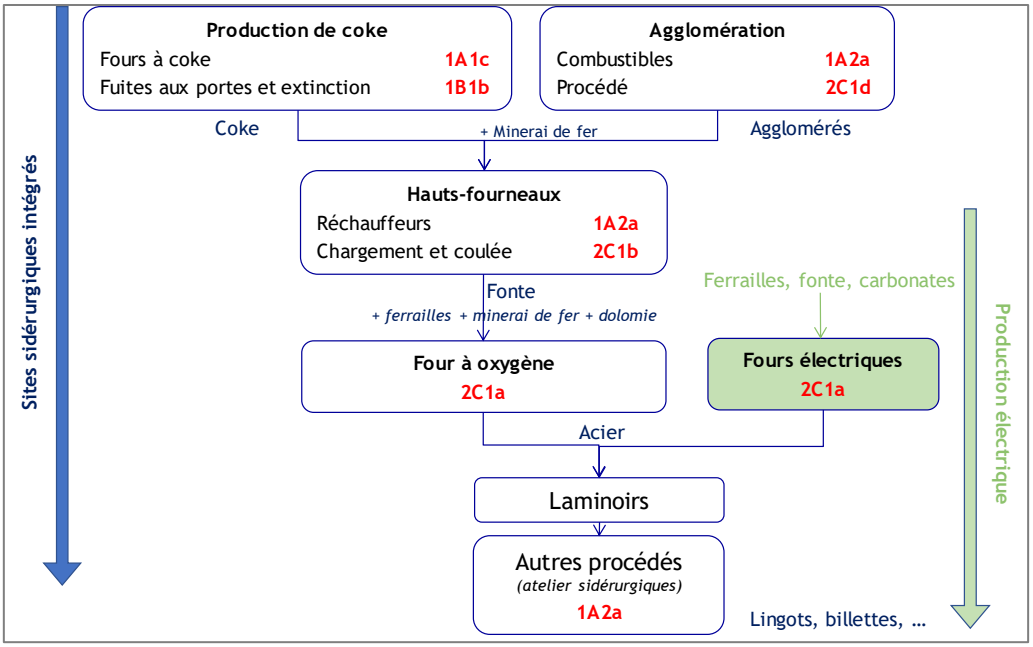


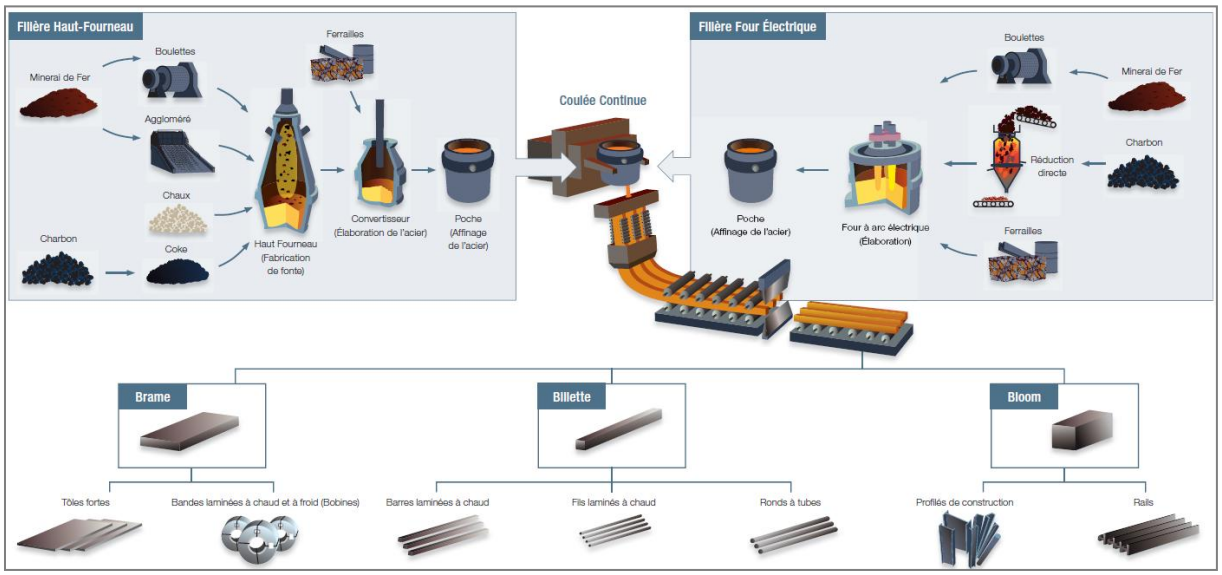
Figure 112 : Répartition des émissions des ateliers sidérurgiques au sein des secteurs de l'inventaire

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 laminoirs.

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 et de poussières. Les émissions diffuses, dites de procédés, liées à ces activités sont traitées dans la présente section. En revanche, les méthodes d'estimation émissions liées à la consommation énergétique de combustibles, sont présentées dans la section 1A2a_sidérurgie.

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 ou chaîne d'agglomération par exemple) sans posséder toute la chaîne de production d'acier.

Trois 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.

4.4.1.2 Production de ferroalliages (NFR 2C2)

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 dans l'hexagone (procédé électrique) et trois en Nouvelle-Calédonie (procédé électrique et procédé hydrométallurgique). Les sites

présents en Nouvelle-Calédonie (périmètre CCNUCC) utilisent du charbon, de l'anthracite et, depuis 2023, du coke pour le procédé de réduction.

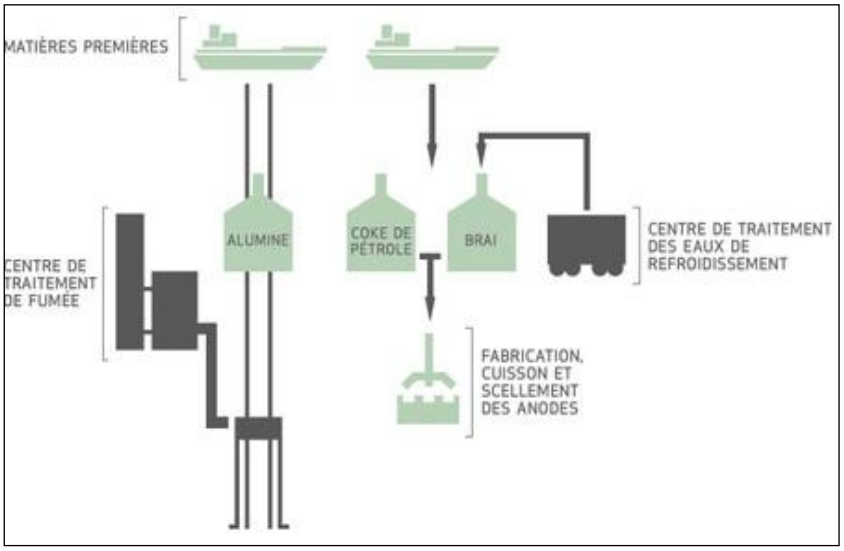
4.4.1.3 Production d'aluminium (NFR 2C3)

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 »** :

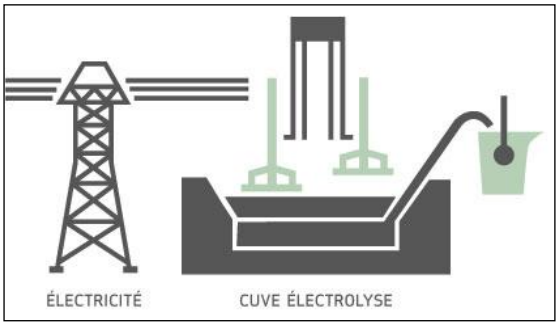
Le secteur « carbone » est le siège de la fabrication des anodes qui serviront à l'électrolyse. Il comprend une tour à pâte, un four à cuire et un atelier de scellement.

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.



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 »** :



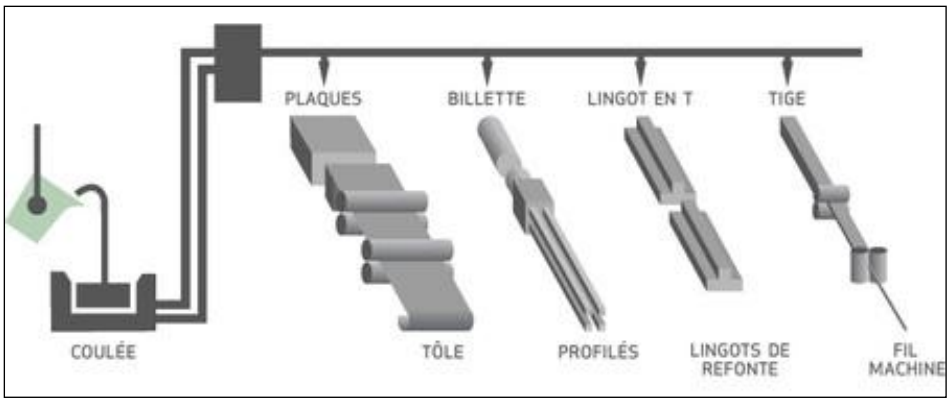
Le procédé consiste à réduire par électrolyse l'alumine (Al_2O_3) dissoute dans un bain de cryolithe (Na_3AlF_6) à environ 1 000°C. La cuve dans laquelle se trouve le bain cryolithique fait office de cathode. Un courant électrique de haute densité traverse la cuve d'électrolyse. Ce procédé est électro 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 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 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.

4.4.1.4 Production de magnésium (NFR 2C4)

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 2023.

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.

4.4.1.5 Production de zinc (NFR 2C6)

Les émissions de polluants atmosphériques liées à la production de zinc de 1ère et 2nde fusion sont inclues dans la section 1A2b - primary lead & zinc et 1A2b - secondary lead & zinc.

4.4.1.6 Production de nickel (NFR 2C7b)

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 hexagonale, 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 cisaillage pour obtenir des éléments, adaptés aux besoins des industries utilisatrices puis conditionnées.

Il est à noter que seules les émissions de l'hexagone sont considérées pour ce format de rapportage.

4.4.1.7 Production d'autres métaux (NFR 2C7c)

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.

4.4.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/.

4.4.2.1 Procédés de la sidérurgie et de la transformation de l'acier et des cokeries (NFR 2C1)

Les productions nationales des différents ateliers sidérurgiques sont fournies par différentes sources : les déclarations annuelles [19], la fédération professionnelle [27] et le SESSI [53].

Pour les laminoirs, la quantité totale de produits laminés produite en France chaque année est ventilée entre laminage à chaud et laminage à froid. Avant 2008, les volumes de production par type de laminage proviennent des statistiques mensuelles du SESSI [53]. Sur la période 2008 à 2013, la production de produits laminés à froid est déterminée à partir des données de la fédération professionnelle [27], et la production de produits laminés est déduite des productions d'acier électrique et d'acier de conversion (acier à l'oxygène), sur la base des déclarations annuelles des aciéries [19], en supposant que tout l'acier produit est laminé. Enfin, à partir de 2014, le bilan A3M (ex-FFA) n'étant plus disponible, cette même hypothèse est conservée et un ratio chaud/froid moyen cohérent avec les niveaux observés dans le SESSI [53] est utilisé pour la ventilation de la production de produits laminés par type de laminage.

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 issus 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 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_2

- *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_2 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 NOx

- *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_x 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*

Les facteurs d'émission 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. Les émissions annuelles des laminoirs sont calculées en appliquant ces facteurs d'émission aux volumes nationaux de produits laminés à froid et à chaud, établis à partir des données de la fédération professionnelle de l'acier [27] et des déclarations annuelles des aciéries électriques et des aciéries à l'oxygène [19].

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_3

Les émissions de NH_3 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].

Pour la période 2019-2023, pour la coulée des hauts-fourneaux, les déclarations des émissions de PM_{10} des exploitants sont utilisées [19], comme pour le calcul des TSP. Les $PM_{2.5}$ et $PM_{1.0}$ sont ensuite recalculées basées sur la granulométrie considérée [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 liées au stockage, manutention et transport de minerai de fer et autres matières (2C7d)*

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.

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 [1287].

- *Laminoirs*

Aucune émission de BC n'est attendue pour les laminoirs, conformément aux lignes directrices EMEP/EEA [1287].

Emissions de 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.

Mercure

- *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.

Emissions de 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.

Emissions d'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].

Emissions de 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 [1287].

Emissions de 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 [1287], 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.

4.4.2.2 Production de ferroalliages (NFR 2C2)

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.

Les émissions de polluants ne sont pas comptabilisées pour les sites situés en Nouvelle-Calédonie.

Emissions de SO_2, NOx, CO et COVNM

La production de ferroalliage est potentiellement émettrice de SO_2, NOx, 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 [1399] 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_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2,5}$ sont estimées grâce à la granulométrie fournie dans le Guidebook EMEP/EEA [1399]. Par hypothèse conservatrice, le facteur d'émission des $PM_{1,0}$ est considéré égal à celui des $PM_{2,5}$. 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 $PM_{2,5}$. Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants[1399].

Emissions de 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]. Pour 2024, l'un des deux sites de production de ferrosilicium étant à l'arrêt, le facteur d'émission moyen n'est pas utilisé : le facteur d'émission du site en fonctionnement est appliqué à ses niveaux de production.

Compte tenu du nombre limité de producteurs, les données détaillées sont confidentielles.

4.4.2.3 Production d'aluminium (NFR 2C3)

Emissions de SO_2

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_2 lors de la phase d'électrolyse (consommation des anodes). Le calcul du facteur d'émission annuel est basé sur les émissions de SO_2 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 reposent 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 2023 [1301].

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

La granulométrie, qui correspond à un pourcentage des TSP, est issue du Guide EMEP/EEA 2023 [1079] et appliquée aux émissions de TSP. 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 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 $PM_{2,5}$. Ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1079] pour la production d'aluminium primaire.

Emissions de 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.

Emissions de 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.

Emissions d'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 2023 pour le niveau 2 (Tier 2) pour les anodes précuites [1079].

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Il n'y a pas d'émission de PCB attendue pour cette activité.

Emissions de 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.

4.4.2.4 Production de magnésium (NFR 2C4)

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.

4.4.2.5 Production de zinc (NFR 2C6)

Les émissions de polluants atmosphériques liées à la production de zinc de 1ère et 2nde fusion sont inclues dans la section 1A2b - primary lead & zinc et 1A2b - secondary lead & zinc.

4.4.2.6 Production de nickel (NFR 2C7b)

La production hexagonale 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 SO_2

Le facteur d'émission du SO_2 provient des lignes directrices EMEP/EEA de 2023 [1314] et s'élève à 18 kg/Mg de nickel produit.

Emissions de COVNM

Le facteur d'émission des COVNM en hexagone 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 l'hexagone 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 l'hexagone 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 [1314].

Emissions de Métaux lourds (ML)

La production de nickel émet du nickel. Depuis 2001, le facteur d'émission pour l'hexagone 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 [1314] est appliqué.

Compte tenu du nombre limité de sites, le détail des données est confidentiel.

4.4.2.7 Production d'autres métaux (NFR 2C7c)

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 2023, 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 2023 [1079]. La valeur retenue est la même que celle utilisée dans la section relative à la production de plomb primaire et secondaire.

Emissions de 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.

4.4.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

4.4.5 Recalculs

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 186 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2C

2C1- Iron and steel production	
Pas de recalcul	
2C2 - Ferroalloys production	
As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$, 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, PM10, PM2,5 et PM1,0 de 2023 impacte toute la série car un facteur d'émission moyen est calculé pour ces polluants sur les années 1990-2023.
2C3 - Aluminium production	
Pas de recalcul	
2C4 – Magnesium production	
Pas de recalcul	
2C6 - Zinc production	
Pas de recalcul	
2C7b - Nickel production	
Pas de recalcul	
2C7c – Other metal production	
Pas de recalcul	

4.4.6 Améliorations envisagées

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 SOx 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 SOx issues de leur procédé de production sont négligeables. L'historique de l'absence d'émissions de SOx depuis 1990 sera approfondi auprès des exploitants.

4.5 Utilisation de solvants et de produits chimiques (NFR 2D3)

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 2D3 est source clé :

Tableau 187 : Polluants pour lesquels le secteur 2D3 est source clé

Sous-secteur	Polluant	Niveau		Evolution	
		Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
2D3a	COVNM/NMVOCs	4	14,1%	-	-
2D3d	COVNM/NMVOCs	5	7,9%	3	9,0%
2D3e	COVNM/NMVOCs			5	3,3%

4.5.1 Caractéristiques de la catégorie

4.5.1.1 Usages domestiques de solvants (NFR 2D3a)

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.

L'utilisation de solvants domestiques (hors produits pharmaceutiques) inclut l'utilisation des produits solvantés dans des activités professionnelles, comme les salons de coiffure. Ce secteur couvre également les préparations antigel et les liquides de dégivrage, y compris ceux utilisés pour l'aviation.

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+ et Hg^{2+}.

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[18] [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.

4.5.1.2 Recouvrement des routes par l'asphalte (NFR 2D3b

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.

4.5.1.3 Matériaux asphaltés pour toiture (NFR 2D3c)

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.

[18] RECYCLUM : éco-organisme français en charge de la filière Responsabilité Elargie du Producteur (REP) dédiée aux déchets d'électronique

4.5.1.4 Application de peinture (NFR 2D3d)

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 laquage, construction de bateaux et autres applications industrielles de peinture) et l'utilisation domestique de peintures.

4.5.1.5 Dégraissage (NFR 2D3e)

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.

4.5.1.6 Nettoyage à sec (NFR 2D3f)

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 cancérogène suspecté), a été le solvant le plus employé dans ce secteur. Cependant, l'arrêt de l'utilisation du perchloréthylène 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 perchloréthylène pour le nettoyage à sec a fortement chuté de ce fait. D'autres solvants hydrocarbures ou solvants alternatifs, mono- ou multi-composants, ainsi que le nettoyage à l'eau, sont aujourd'hui employés comme alternatives au nettoyage au perchloroéthylène.

4.5.1.7 Fabrication et mise en œuvre de produits chimiques (NFR 2D3g)

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 déclarations annuelles des industriels et des statistiques nationales de production, de consommation, d'import et d'export [19, 53, 115, 351, 686, 749, 974].

Pour la fabrication d'encres, peintures et colles, la même méthodologie est utilisée. Les données d'activité proviennent des statistiques nationales [111, 351, 974].

En ce qui concerne les productions de pneumatiques et la mise en œuvre de caoutchouc, les activités sont disponibles auprès de la profession [116] et des déclarations annuelles des rejets des industriels [19].

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.

➢ <u>Soufflage de bitume</u>

Le soufflage du bitume ou de l'asphalte correspond à l'oxydation avec de l'air chaud, à haute température, en fin de distillation, des hydrocarbures lourds et aromatiques qu'il contient. Le soufflage du bitume est utilisé pour polymériser et stabiliser le bitume afin d'améliorer ses caractéristiques de résistance aux intempéries et aux déformations.

Comme le taux d'oxydation augmente avec la température, ce procédé est fortement dépendant de cette dernière. Cependant, la réaction est exothermique, ce qui entraîne une hausse de la température, qui doit donc être contrôlée et maintenue en-dessous du point éclair du bitume (température optimale de 260°C), en pulvérisant de l'eau, afin d'assurer la sécurité.

Cette activité peut avoir lieu dans des raffineries de pétrole, des usines de traitement de l'asphalte ou des usines de fabrications de recouvrements en asphalte. Dans l'inventaire français, faute de données plus précises, il est supposé que tout le bitume produit en raffinerie (« refinery gross ouput » dans le bilan de l'énergie français [1]) est soufflé. Comme la balance imports-exports française est globalement positive (i.e., plus d'imports que d'exports), surtout depuis 2009, la consommation de bitume nationale est plus élevée que la production en raffinerie.

Le soufflage de bitume est responsable d'émissions de COVNM, de particules, de HAP et de certains métaux lourds. Aucune émission directe de gaz à effet de serre n'est induite. Seules des émissions de GES ont lieu lors de la combustion de combustibles pour apporter de la chaleur au procédé, mais celles-ci sont comptabilisées dans la combustion stationnaire de l'industrie (voir section 1A2_Industrie manufacturière (combustion)).

4.5.1.8 Imprimerie (NFR 2D3h)

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].

4.5.1.9 Autres utilisations de solvants (NFR 2D3i)

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].

4.5.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/.

4.5.2.1 Usages domestiques de solvants, dont les fongicides (NFR 2D3a)

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, y compris l'utilisation des produits solvantés dans des activités professionnelles ainsi que l'utilisation des produits de dégivrage des avions.

Pour le secteur de l'usage domestique de produits pharmaceutiques, l'activité est considérée égale à l'émission et reportée en masse de solvants.

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) [1173-1178, 1392].

b/ Utilisation domestique de produits pharmaceutiques (hors gel hydroalcoolique)

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].

Emissions de Métaux lourds (ML)

Mercure (Hg)
Traitement des ampoules contenant du mercure :

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.

4.5.2.2 Recouvrement des routes par l'asphalte (NFR 2D3b)

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_2, NOx, CO

Aucune émission de SO_2, NOx 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 2023 [1207].

Emissions de poussières totales en suspension (TSP)

Les émissions de particules totales sont inclues 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.

Emissions de Dioxines et furanes (PCDD-F)

Les émissions de dioxines/furanes sont déterminées à partir d'un facteur d'émission constant [70].

Emissions d'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].

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB) et Hexachlorobenzène (HCB)

Aucune émission de PCB ou HCB n'est induite par le dépôt de bitume sur les routes.

4.5.2.3 Matériaux asphaltés pour toiture (NFR 2D3c)

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 2023 [1089].

Emissions de COVNM

Les émissions de COVNM sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2023 [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 2023 [1089].

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2,5}$ sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1089]. Les émissions de $PM_{1,0}$ sont calculées à

partir d'un facteur d'émission supposé similaire à celui des $PM_{2,5}$. Les facteurs d'émission des $PM_{2,5}$ et PM_{10} contiennent une fraction condensable.

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de $PM_{2,5,}$ ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1089].

4.5.2.4 Application de peinture (NFR 2D3d)

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. 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, 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. 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.

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, à la suite de la mise en œuvre de la Directive 2004/42/CE à partir de 2007.

4.5.2.5 Dégraissage (NFR 2D3e)

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.

4.5.2.6 Nettoyage à sec (NFR 2D3f)

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.

4.5.2.7 Fabrication et mise en œuvre de produits chimiques (NFR 2D3g)

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'encres, peintures et colles, la même méthodologie est utilisée. Les données d'activité proviennent des statistiques nationales [111, 351, 974].

En ce qui concerne les productions de pneumatiques et la mise en œuvre de caoutchouc, les activités sont disponibles auprès de la profession [116] et des déclarations annuelles des rejets des industriels [19].

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 données annuelles de production industrielle ainsi que des déclarations annuelles de rejets industriels à partir de l'année 2004 [19]. Pour les années où les émissions de particules n'ont pas été déclarées, celles-ci ont été estimées à partir du facteur d'émission calculé.

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 est recalculé en fonction des émissions de COVNM et de la consommation en PVC.

b) Fabrication d'encres, 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 de COVNM [19]. Connaissant les activités, les facteurs d'émission de COVNM sont directement déduits de ces informations et varient d'une année sur l'autre.

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 de COVNM [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 existe depuis 2003 en France et 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].

- **Soufflage de bitume :**

Les émissions sont déterminées à partir de la quantité de bitume soufflé, qui est assimilée à la production de bitume en raffinerie [1].

Emissions de SO_2, NOx, CO

Aucune émission de SO_2, NOx ou CO n'est induite par le soufflage de bitume.

Emissions de COVNM

Les émissions de COVNM sont supposées être déjà comptabilisées dans les émissions totales des raffineries, et notamment dans les émissions des procédés, estimées par mesure, et donc dans la section 1B2aiv_ Raffinage du pétrole.

Emissions de poussières totales en suspension (TSP)

Tout comme les COVNM, les émissions de poussières sont supposées être déjà inclues dans les procédés du raffinage estimées par mesure (cf. section 1B2aiv_Raffinage du pétrole).

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 totaux sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1383]. En revanche, aucune valeur n'est donnée pour estimer les émissions selon les différents HAP.

De ce fait, la répartition entre les divers HAP pour la combustion du fioul lourd, provenant de la base de données CATEF [577], est appliquée (cf. section générale énergie) au FE HAP total du Guidebook [1383] afin de permettre le rapportage séparé de ces diverses substances.

Métaux lourds (ML)

Le Guidebook EMEP/EEA 2023 [1383] fournit des facteurs d'émission pour l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le sélénium (Se), en fonction de la quantité de bitume soufflé, ce qui nous permet d'estimer les émissions de ces substances. Les autres substances des métaux lourds sont supposées négligeables.

4.5.2.8 Imprimerie (NFR 2D3h)

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 GEREP (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].

4.5.2.9 Autres utilisations de solvants (NFR 2D3i)

Emissions de COVNM

Elimination 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 et de fibres minérales

Les émissions dues à l'enduction de fibres de verre et de fibres minérales (roche et laitier) 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.

Destruction des COVNM par oxydateur/incinérateur

Cette activité n'est pas considérée comme source émettrice de COVNM, seul du CO_2 est rapporté pour ce secteur d'activité. Cependant l'activité correspond à une quantité de solvant mis en œuvre.

Protection du bois

Les émissions de COVNM sont déduites directement des consommations des différents produits et de leur teneur en solvants [50]. Il est estimé que tous les solvants s'évaporent à l'atmosphère. Au niveau de l'application de produits de préservation dans l'industrie, l'utilisation de solvant a considérablement diminué en raison du remplacement des produits à base de solvants par des produits à base d'eau [1320].

Emissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les émissions de hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont calculées pour le secteur de la protection du bois.

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 sont calculées à partir des consommations des produits utilisés [378], au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque type de HAP [1393], supposés constants dans le temps.

4.5.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

4.5.5 Recalculs

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 188 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2D3

2D3a - Domestic solvent use including fungicides	
COVNM	Le recalcul est dû à : - l'utilisation domestique de solvants : mise à jour de la population pour les années 2022 et 2023 et des données statistiques pour l'année 2023. De plus, une erreur sur la conversion des milliers de pièces en tonnes a été corrigé à partir de l'année 2014, laquelle a un impact sur le calcul des facteurs d'émission (g COVNM/habitant ou g COVNM/produit) et par conséquent les émissions de COVNM au cours des années ; - l'utilisation domestique de produits pharmaceutiques : mise à jour de la population pour les années 2022 et 2023 ; - l'utilisation de gel hydroalcoolique : mise à jour de la population pour les années 2022 et 2023 ainsi que les données statistiques pour l'année 2023.
Activité	Le recalcul est dû au changement de l'unité de rapportage du l'activité de l'utilisation domestique de solvants (SNAP 060408), passant de la population à la masse de solvant.
2D3b - Road paving with asphalt	
Pas de recalcul	
2D3c - Asphalt Roofing	
Pas de recalcul	
2D3d - Coating application	
COVNM et activité	Le recalcul des émissions de COVNM est dû à la mise à jour des données statistiques (production, import, export et vente) pour l'année 2023.
2D3e - Degreasing	
Pas de recalculs.	
2D3f – Dry cleaning	
Pas de recalcul	
2D3g - Chemical products	
COVNM et activité	Le recalcul est dû à : - fabrication de colles : les calculs ont été ajustés pour inclure un site, grand consommateur de solvants, en 2019, ainsi que pour mettre à jour les déclarations GEREP des sites concernés par la fabrication de colles au cours des années ; - fabrication de caoutchouc : l'ajout d'un site ainsi que la mise à jour des déclarations des sites qui fabriquent de pneumatiques ; - fabrication de produits pharmaceutiques, la mise en œuvre de produits chimiques et la fabrication de supports adhésifs : mise à jour des données d'activité et des émissions de certains sites pour l'année 2023 ;

HAP et métaux lourds	Le recalcul est dû à la nouvelle estimation des émissions du soufflage de bitume, suite à la recommandation de la revue CEE-NU. Les émissions de HAP et ML de ce NFR étaient « NA » jusqu'à la soumission précédente, toutes les émissions observées désormais sont donc dues à l'ajout de cette source. Les ordres de grandeur des ajouts sont les suivants : En 1990 : 0,67 t BaP, 0,98 t BbF, 0,22 t de BkF, 0,36 t de IndPy, et 2kg d'As, 0,3 kg de Cd, 18 kg de Cr, 153 kg de Ni, et 2 kg de Se. En 2023 : 0,35 t BaP, 0,50 t BbF, 0,11 t de BkF, 0,18 t de IndPy, et 1kg d'As, 0,2 kg de Cd, 9 kg de Cr, 79 kg de Ni, et 1 kg de Se.
2D3h - Printing	
COVNM et activité	Le recalcul est dû à la mise à jour du pourcentage de la vente d'encre pour l'année 2023.
2D3i - Other solvent use	
COVNM et activité	Le recalcul est dû à la : - mise à jour avec les données 2024 pour les activités d'enduction de fibres de verre (060401) ainsi que du calcul des émissions de COVNM liées à l'enduction et aux fibres minérales (060402), en prenant en compte le facteur d'émission annuel plutôt qu'un facteur moyen sur 20 ans ; - mise à jour des données statistiques (production, import et export) ainsi que la correction des déclarations GEREP pour l'activité d'application de colles.

4.5.6 Améliorations envisagées

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 asphaltées 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. Des discussions avec Routes de France et Eurobitume sont en cours pour affiner les données de répartition de bitume entre les différentes activités.

4.6 Autres utilisations de produits (NFR 2G)

4.6.1 Caractéristiques de la catégorie

Rappel des polluants pour lesquels le secteur 2G est source clé :

Tableau 189 : Polluants pour lesquels le secteur 2G est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
Cd	2	13,7%	-	-
Cr	4	5,4%	-	-
Cu	2	23,2%	2	22,7%
Ni	1	15,7%	-	-
Se	4	4,8%	-	-
Zn	3	10,0%	-	-

Cette catégorie traite des émissions liées à la consommation de tabac, des feux d'artifices et à la combustion d'huile de lubrification des moteurs 4-temps des véhicules routiers.

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_2. 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.

Concernant les moteurs 4-temps des véhicules routiers, une faible quantité d'huile de lubrification est brûlée dans le moteur lors du fonctionnement normal. Cette combustion d'huile, bien que limitée par rapport à celle du carburant, génère des émissions qui sont comptabilisées dans cette catégorie au titre des usages non énergétiques.

4.6.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/.

Combustion d'huile de lubrification des moteurs 4-temps des véhicules routiers (usage non énergétique)

Les émissions sont estimées selon la méthodologie détaillée en section 1A3b.

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_2

Seule l'utilisation de feux d'artifices est concernée. Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP [1016].

Emissions de NOx

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, 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 [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, respectivement [1015] et [1016].

Emissions de NH_3

Seule la consommation de tabac est concernée. Les émissions sont déterminées à partir des facteurs d'émission issus du Guidebook EMEP [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 [1016].

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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_{10} et de $PM_{2.5}$ sont renseignées pour l'utilisation de feux d'artifice et le facteur d'émission est tiré du Guidebook EMEP [1016].

Emissions de 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].

Emissions de 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].

Emissions d'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].

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Il n'y a pas d'émission attendue de ces polluants.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Il n'y a pas d'émission attendue de ce polluant.

4.6.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

4.6.5 Recalculs

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 190 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2G

2G - Other product use	
Données d'activité	***Feux d'artifices*** Prise en compte de la modification du périmètre des données Eurostat qui prennent en compte St-Barthélémy jusqu'en 2012. Prise en compte des données consolidées Eurostat relatives aux productions, exports et imports pour l'année 2023. Mise à jour de la population entre 2014 et 2023. ***Tabac*** Pas de changements. ***Huile de lubrification des moteurs 4-temps (usage non énergétique)*** Mise-à-jour des données d'activité (consommation de carburants et trafic) ainsi que la balance énergétique. Cf. 1A3b
SO_2, NOx, CO, PM, métaux lourds (sauf Se)	***Feux d'artifices*** Recalculs dus à la modification des données d'activités. ***Tabac*** Pas de changements.
Tous polluants	Mise à jour des ratios de la répartition domestique/international (cf 1A3d).

4.6.6 Améliorations envisagées

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.

4.7 Autres productions (NFR 2H)

4.7.1 Caractéristiques de la catégorie

En 2024, le secteur 2H2 est une catégorie clé en niveau pour les COVNM.

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
COVNM/NMVOCs	6	3,3%	-	-

4.7.1.1 Papier (NFR 2H1)

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. Les volumes de production de pâte à partir du procédé mécanique sont mis à disposition par la Fédération COPACEL, du fait du nombre faible de sites, les données de production sont confidentielles à partir de 2014 [1375].

4.7.1.2 Industries agroalimentaires (NFR 2H2)

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 [1370].

Production de vin

L'élaboration du vin engendre des émissions de COVNM et de CO2 par évaporation. 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 [1370]. La production en Outre-Mer (Martinique, Réunion, Mayotte, Nouvelle-Calédonie, Polynésie, Saint-Pierre-et-Miquelon) est également estimée. 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 [1370] et par les rapports annuels de l'IEDOM (Institut d'Emission des Départements d'Outre-Mer) [1400611]. 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).

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 [1370].

Production de farine

La production 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 [1370].

Fumage de viande

Le fumage de viande, la salaison, le saumurage et le séchage sont 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 [1370].

4.7.1.3 Autres productions (NFR 2H3)

- **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 deux 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 de cette catégorie, il est essentiellement utilisé 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.

Parmi ces trois types d'activité, c'est la banque qui est prépondérante. Le périmètre ici considéré concerne les réfrigérants autres que les HFC soit 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 certaines pompes à chaleur.

4.7.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/.

4.7.2.1 Papier (NFR 2H1)

Emissions de SO_2

Dans les dernières lignes directrices de reporting CLRTAP (ECE/EB.AIR/125 Mars 2014), une évolution du périmètre "obligatoire" des SOx 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" (SOx), which means all sulphur compounds expressed as sulphur dioxide (SO2) (including sulphur trioxide (SO3), sulphuric acid (H2SO4), and reduced sulphur compounds, such as hydrogen sulphide (H2S), 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 (SOx) means all sulphur compounds, expressed as sulphur dioxide (SO2). The major part of anthropogenic emissions of sulphur oxides to the atmosphere is in the form of SO2 and, therefore, emissions of SO2 and sulphur trioxide (SO3) should be reported as SO2 in mass units. Emissions of other sulphur compounds such as sulphate, sulphuric acid (H2SO4) and non-oxygenated compounds of sulphur, e.g. hydrogen sulphide (H2S), 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 SO2 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_2/SO_3) qui était seulement recommandée, est devenue obligatoire à rapporter dans les SOx. Il y a donc bien lieu d'ajouter le SO_2 lié à l'oxydation du H_2S pour l'industrie de la pâte à papier.

Pour la production de pâte à papier kraft, le Guidebook EMEP 2023 [925] propose un facteur d'émission Tier 2 (table 3.2) de 2 kg SO_2/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 2018, 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 0,29 kg S/t pâte soit 0,58 kg SO2/t pâte.

Pour déterminer le facteur d'émission entre 2002 et 2017, les facteurs d'émission sont interpolés linéairement.

De plus, le Guidebook EMEP 2023 [925] pour la production de pâte bisulfite fournit un facteur d'émission dans le cas de la production de pâte sulphite magnesium. 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_2 liées à la production de pâte à papier kraft sont estimées pour la France. Les facteurs d'émission de SO_2 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 4 facteurs d'émission pour la production de pâte à papier suivant le procédé kraft, le procédé bisulfite, mi-chimique et mécanique [925].Ces facteurs d'émission sont utilisés pour toute la série temporelle.

Emissions de poussières, CO et NOx

Les émissions de poussières (TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$, BC), de CO et de NOx sont attribuables à la combustion de liqueur noire et comptabilisées dans le chapitre 1A2 - Industrie manufacturière.

4.7.2.2 Industries agroalimentaires (NFR 2H2)

Emissions de COVNM

Production de pain

Le facteur d'émission provenant du guide EMEP EEA 2023 [1301] 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 aux régions et à 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 50 g COVNM / hl pour les vins blancs (incluant les eaux de vie issues de vin) et entre 65 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 2023 [1301], avec 43,68 g COVNM / hl de bière.

Production d'alcools

Pour les eaux de vie par fermentation de fruits, des pertes d'éthanol par entraînement par le CO2 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 2023 [1301] : il est de 11 250 g COVNM/hl pour le whisky 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 le gin et la 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 2023 [1301.

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_{10}, $PM_{2,5}$)

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 $PM_{2,5}$ et PM_{10}.

Production de bière

Le facteur d'émission pour les TSP est pris par défaut identique à celui des PM_{10} fourni par le TNO [79]. Il est de 0,36 g TSP/hl de bière. Les émissions de PM_{10} représentent donc 100% des TSP et les $PM_{2,5}$ 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_{10} représentent 86% des TSP [68]. Aucune donnée n'est disponible pour l'estimation des $PM_{2,5,}$ 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_{10} représentent 20% des TSP [68]. Aucune donnée n'est disponible pour l'estimation des $PM_{2,5,}$ qui sont supposées nulles.

Manutention de céréales

Les facteurs d'émissions de PM_{10} et $PM_{2,5}$ 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_{10} 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_{10} et $PM_{2.5}$ sont estimées équivalentes aux émissions de TSP [68].

Emissions de 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].

4.7.2.3 Autres productions (NFR 2H3)

- **Fabrication d'accumulateurs**

Emissions de 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$ sont déterminées à partir des émissions de TSP et de ratios granulométriques calculés à partir de la section 2C5 du Guidebook EMEP/EEA 2023 relative à la production du plomb [1078]. Ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

Tableau 191 : Granulométrie des poussières totales en suspension

Tranche granulométrique	*% répartition des TSP*
PM_{10}	80
$PM_{2,5}$	40
$PM_{1,0}$	40

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 2023 [1079]. La valeur retenue est la même que celle utilisée dans la section relative à la production d'aluminium primaire et secondaire.

- **Equipement de réfrigération**

Emissions de NH_3 et COVNM

La méthode de calcul utilisée est explicitée dans le chapitre 2F1 du NIR (National Inventory Report). Elle se base sur l'approche recommandée par les Lignes directrices du GIEC 2006 pour le calcul des émissions des secteurs du froid et de la climatisation. 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 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_Totales = E_charge + E_duree-de-vie + E_fin-de-vie + E_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.

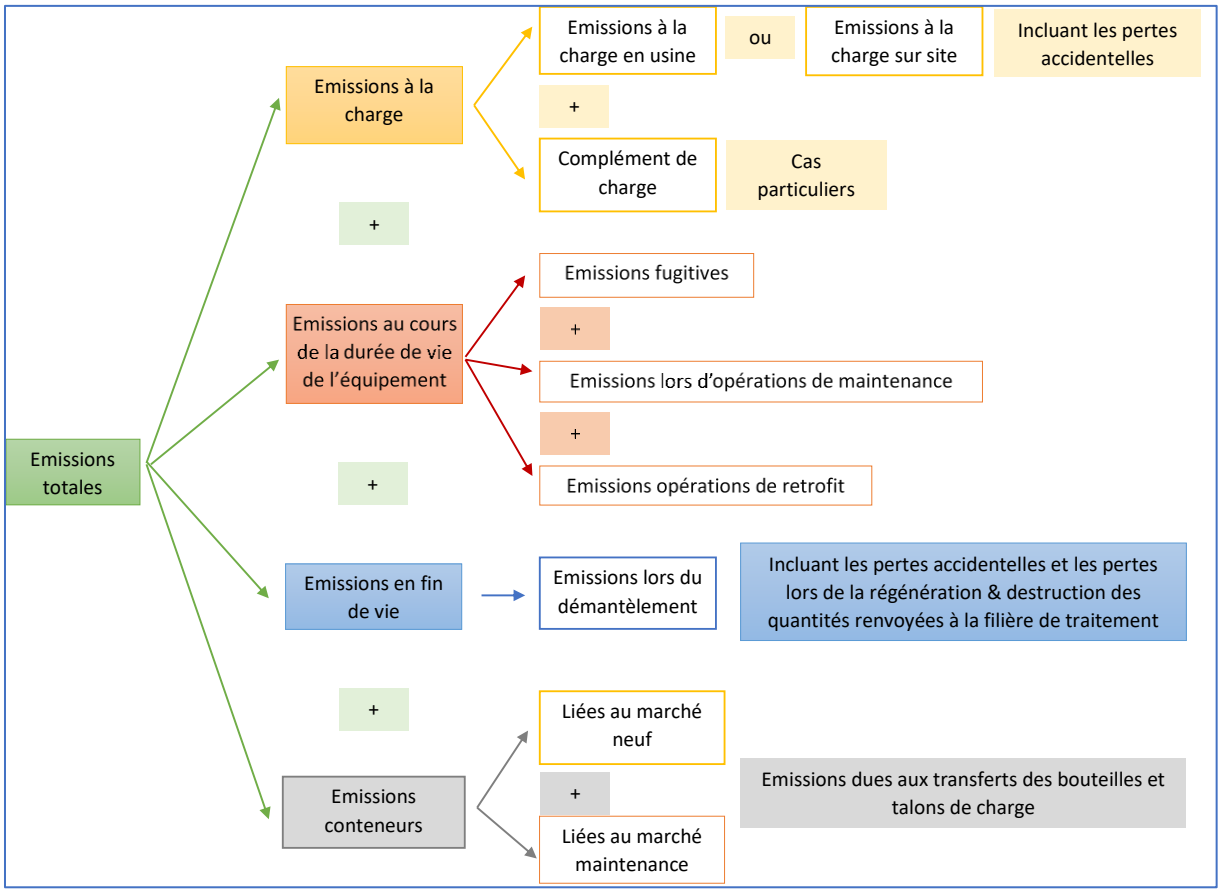


Figure 113 : Principes de la méthode de calcul des émissions de fluides frigorigènes

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.

4.7.1 Incertitudes

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

4.7.2 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

4.7.3 Recalculs

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 192 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2H

2H1 - Pulp and Paper industry	
Données d'activité et COVNM	Révision de la production de papier pour le procédé bisulfite pour 2023 et ajout des volumes de production pour la production de pâte à papier mécanique sur la série 1990-2024. Les émissions de COVNM ont pu être calculées pour la production de pâte à papier mécanique sur l'ensemble de la série temporelle. Cet ajout fait augmenter les émissions de COVNM entre 50 et 800t.
2H2 - Food and beverages industry	
	Pas de recalcul pour cette édition
2H3 - Other industrial processes	
NH_3	Le secteur du froid industriel présente une forte incertitude et nécessite des mises à jour régulières. L'enquête de terrain a montré cette année que le R-404A, HFC, avait été davantage utilisé que ce qui avait été pris en compte dans les hypothèses jusqu'à présent. La répartition des fluides frigorigènes au cours du temps a été revu, ce qui a impacté légèrement les émissions de NH3.
Fabrication d'accumulateurs	Pas de recalcul pour ce secteur

4.7.4 Améliorations envisagées

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_3 : l'enquête de terrain cherche à évaluer chaque année plus précisément les quantités de fluides frigorigènes installées par type d'installation agroalimentaire afin d'améliorer l'estimation des quantités installées et émissions qui en découlent. Cela peut impacter la banque et les émissions de NH_3.

4.8 Travail du bois (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 2024, le secteur du travail du bois (2I) n'est pas une catégorie clé en niveau ou en évolution.

4.8.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette section traite des émissions de l'industrie du bois.

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.

Travail du bois

Le périmètre du secteur du travail du bois comprend les scieries, les menuiseries, ou encore le domaine particulier. Cependant, seule la production de bois scié est prise en compte dans les calculs, car le reste du périmètre manque de données fiables et exhaustives. Le travail du bois engendre des émissions de poussières.

4.8.2 Méthodes d'estimation des émissions

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 GEREP 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^3 par essence de bois (sapin, épicéa, pin sylvestre, douglas, pin maritime…) [1401].

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 GEREP 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 GEREP 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 GEREP 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 GEREP des exploitants [19].

Travail du bois

Les émissions de TSP sont estimées au moyen d'un facteur d'émission de l'IIR finlandais de 2019 [1402], disponible en kg de TSP par tonne de bois scié.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2.5}$

Fabrication de panneaux agglomérés et travail du bois

Les émissions de PM_{10} et de $PM_{2.5}$ sont estimées à partir des émissions de TSP en utilisant la granulométrie suivante [1049] :

- PM_{10} = 40% TSP
- $PM_{2.5}$ = 16% TSP

4.8.3 Incertitudes

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

4.8.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

4.8.5 Recalculs

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 193 : Récapitulatif des recalculs du NFR 2I

2I – Wood processing		
TSP	Fabrication de panneaux agglomérés	Mise à jour du facteur d'émission des panneaux agglomérés pour les TSP
	Travail du bois	Pas de recalcul pour le travail du bois pour cette édition

4.8.6 Améliorations envisagées

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)

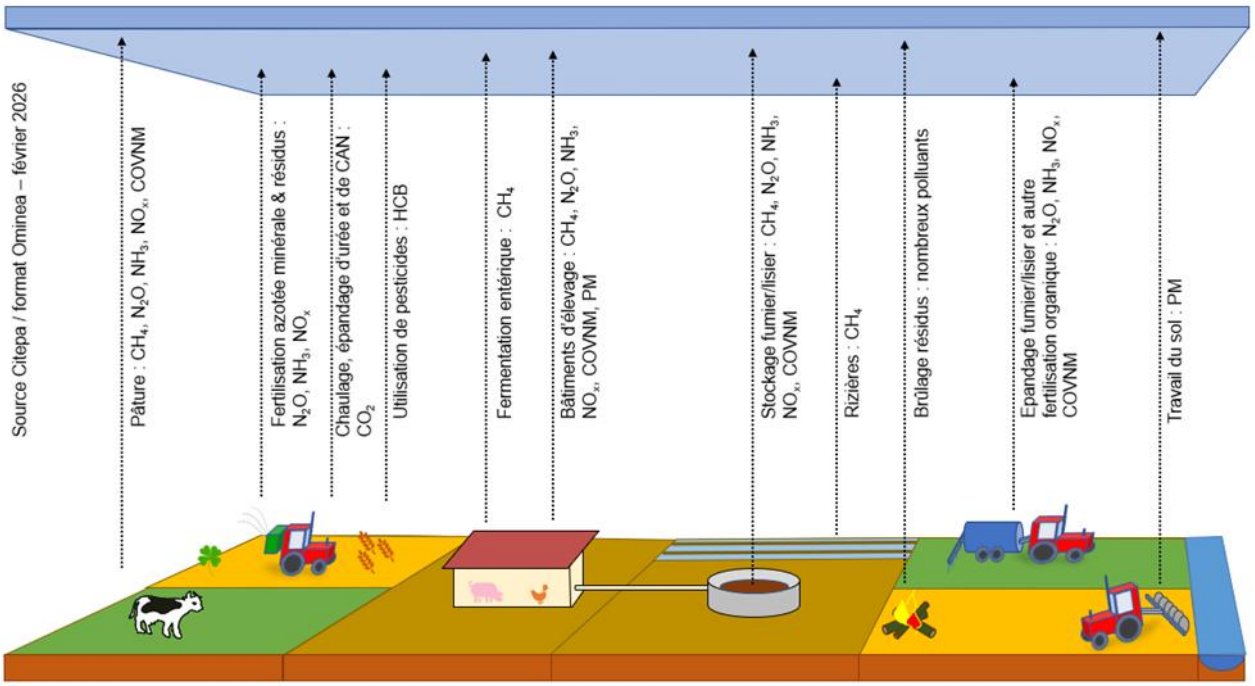
5.1 Contexte

Cette section concerne une grande partie des émissions liées aux activités agricoles. Elle couvre les émissions liées à l'élevage (CH_4, N_2O, NH_3, NOx, COVNM, PM), les émissions liées à la fertilisation azotée (N_2O, NH_3, NOx), les émissions liées aux résidus de cultures laissés au champ (NH_3, N_2O), les émissions liées à l'utilisation de pesticides (HCB), les émissions liées aux rizières (CH_4), 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_2 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_4
  - Bâtiments d'élevage : CH_4, N_2O, NH_3, NOx, COVNM, PM
  - Stockage fumier/lisier : CH_4, N_2O, NH_3, NOx, COVNM
  - Epandage fumier/lisier : N_2O, NH_3, NOx, COVNM
  - Pâture : CH_4, N_2O, NH_3, NOx, COVNM
- Emissions liées à la fertilisation (autre que l'épandage des fumiers/lisiers précité) :
  - Fertilisation azotée minérale : N_2O, NH_3, NOx
  - Autre fertilisation organique comprenant les boues, les composts, les digestats et les déjections importées : N_2O, NH_3, NOx
- Emissions liées au retour au sol des résidus de culture : N_2O, NH_3
- Emissions liées à l'utilisation de pesticides : HCB
- Emissions liées aux rizières : CH_4
- Emissions liées au travail du sol : PM
- Emissions liées au brûlage des résidus de récolte : nombreux polluants
- Emissions de CO_2 liées à l'épandage d'urée, d'engrais contenant du carbone (calcium ammonium nitrate, notés CAN) et d'amendements basiques (chaulage).

Figure 114 : Postes d'émission et polluants associés en agriculture



Cette section exclut :

- les questions relatives au carbone (des sols et de la biomasse) qui sont traitées dans le secteur UTCATF,
- les émissions liées à l'utilisation d'énergie du secteur agricole, qui sont prises en compte dans le secteur énergie.

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.

5.2 Tendances générales sur l'agriculture

Tableau 194 : Émissions du secteur agricole en France (Hexagone) en 2024

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /recap_agriculture

Substances	Unités	Emissions (*) 2024	Contributions au total national (%) en 2024
SO_2	Gg	0.1	0.1%
NOx	Gg	139	21%
NH_3	Gg	554	96%
COVNM	Gg	403	39%
CO	Gg	19	0.8%
As	Mg	0.01	0.2%
Cd	Mg	0.07	2.2%
Cr	Mg	0.01	0.04%
Cu	Mg	0.03	0.01%
Hg	Mg	0.01	0.5%
Ni	Mg	0.01	0.03%
Pb	Mg	0.1	0.1%
Se	Mg	0.01	0.1%
Zn	Mg	3.3	0.8%
PCDD/F	g iTEQ	1.8	1.6%
HAP	Mg	0.2	0.5%
HCB	kg	0.4	6.3%
TSP	Gg	341	51%
PM_{10}	Gg	41	17%
$PM_{2,5}$	Gg	7.1	4.2%
BC	Gg	0.5	2.0%

(*) 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 195 : Substances pour lesquelles le secteur 3 est source clé

3B :

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
COVNM/NMVOCs	1	21.0%	-	-
NH_3	2	32.8%	1	53.5%
PM_{10}	4	8.4%	-	-

3D :

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
NOx	2	19.9%	-	-
COVNM/NMVOCs	2	17.8%	-	-
NH_3	1	63.6%	2	33.6%
PM_{10}	5	8.2%	-	-
TSP	1	46.7%	6	4.0%
HCB	-	-	2	27.1%

3F :

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
HAP / HAPs	-	-	2	11.8%

5.2.1 Émissions de NO_x

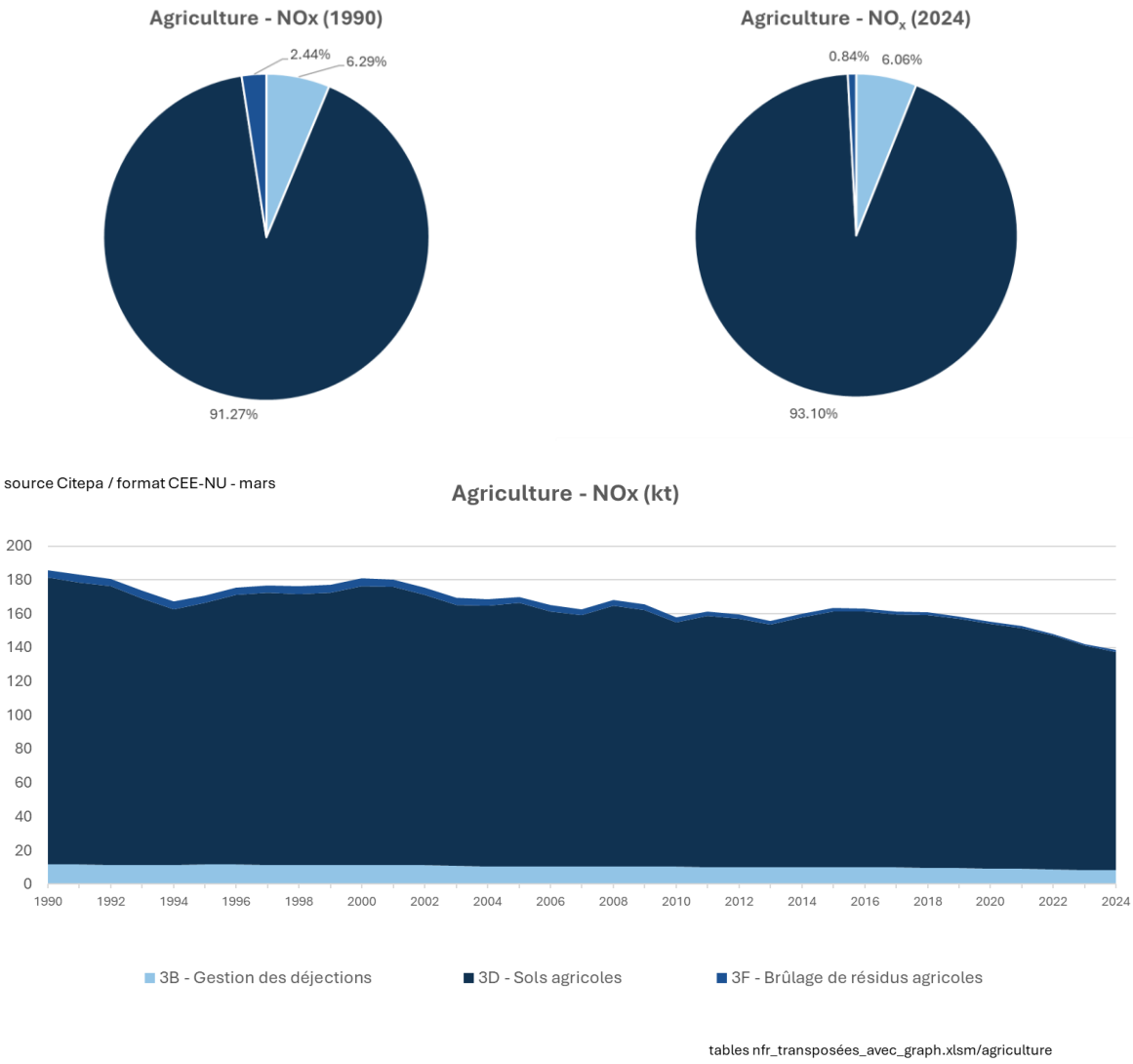


Figure 115 : Évolution des émissions de NO_x du secteur agricole (kt)

Le poste prépondérant pour les émissions de NO_x 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 poste brûlage des résidus agricoles contribue de façon marginale aux émissions de NOx sur la période récente, l'essentiel des émissions pour ce secteur provenant du brûlage des sarments de vignes.

5.2.1 Émissions de COVNM

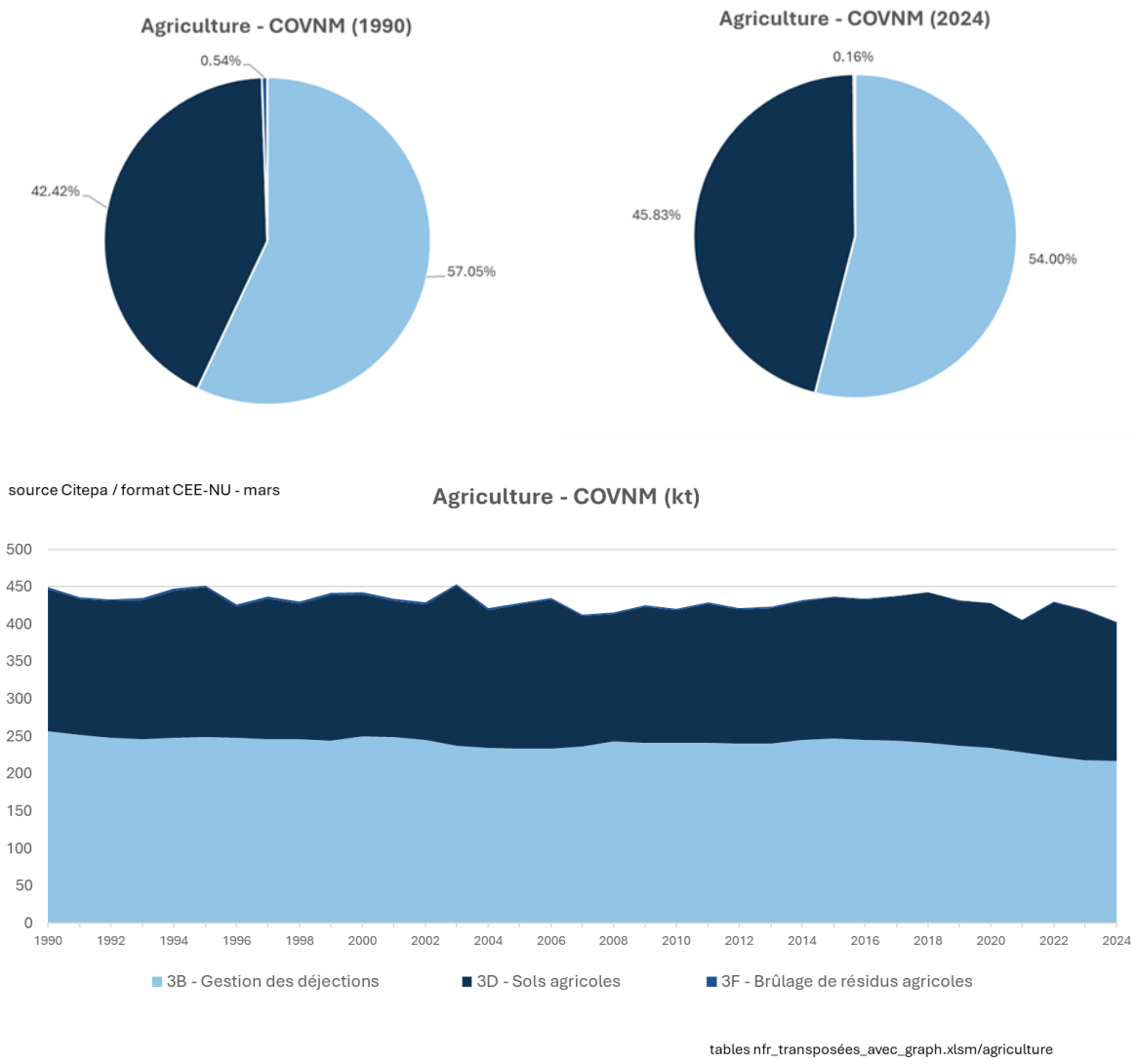


Figure 116 : Évolution des émissions de COVNM du secteur agricole (kt)

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). 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 (températures, cumul des précipitations…). 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.

5.2.2 Émissions de SO_x

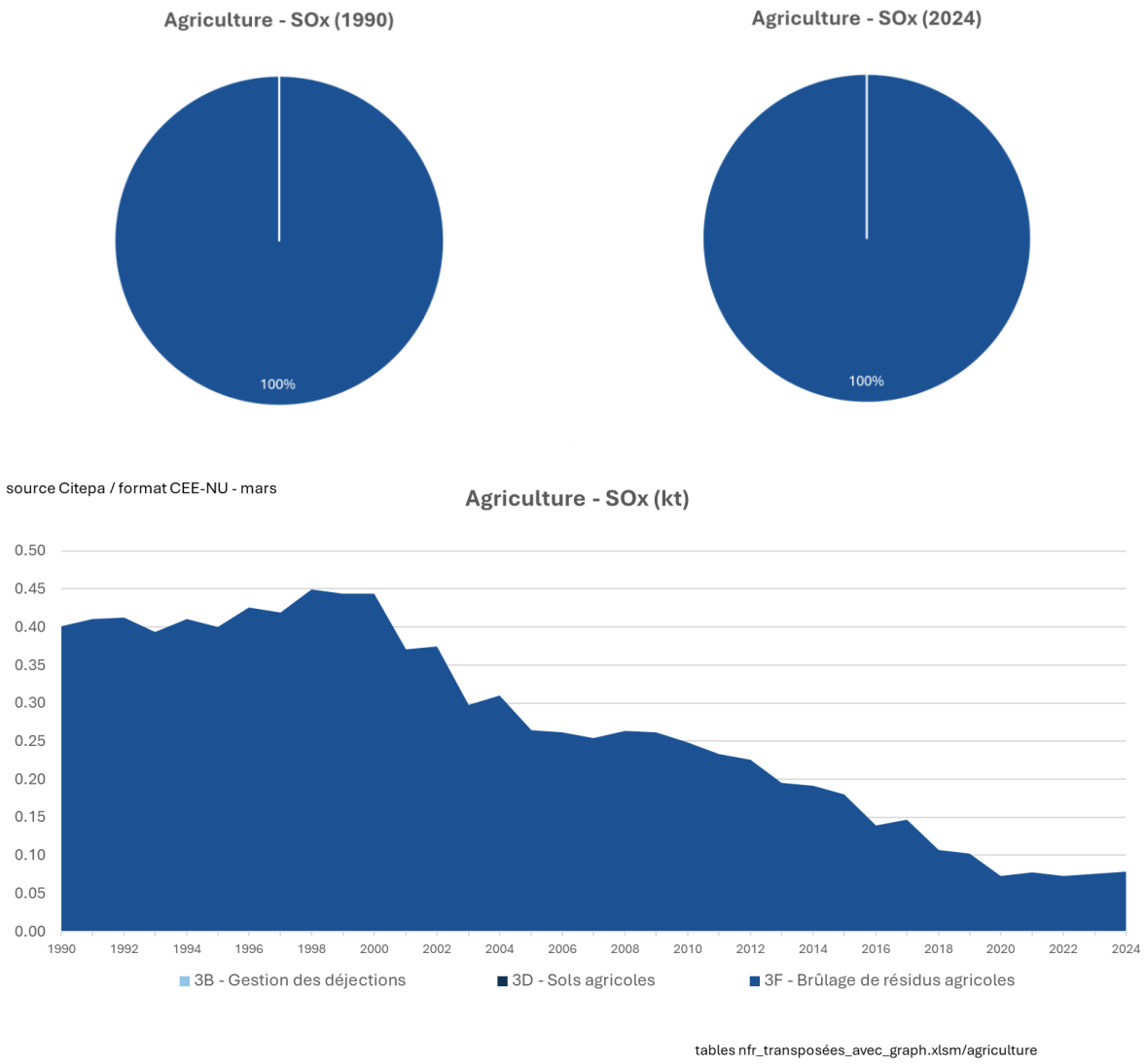


Figure 117 : Évolution des émissions de SOx du secteur agricole (kt)

Les émissions de SO_x 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. Les émissions de SO_x proviennent essentiellement du brûlage des résidus de blé, des sarments de vigne et du riz. Le principal poste contribuant à la baisse des émissions de SO_x constatée est le brûlage des résidus de blé, cette pratique ayant régressé sur la période (évaluation des pratiques au cours du temps par 5 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011, 2017 et 2021).

5.2.3 Émissions de NH_3

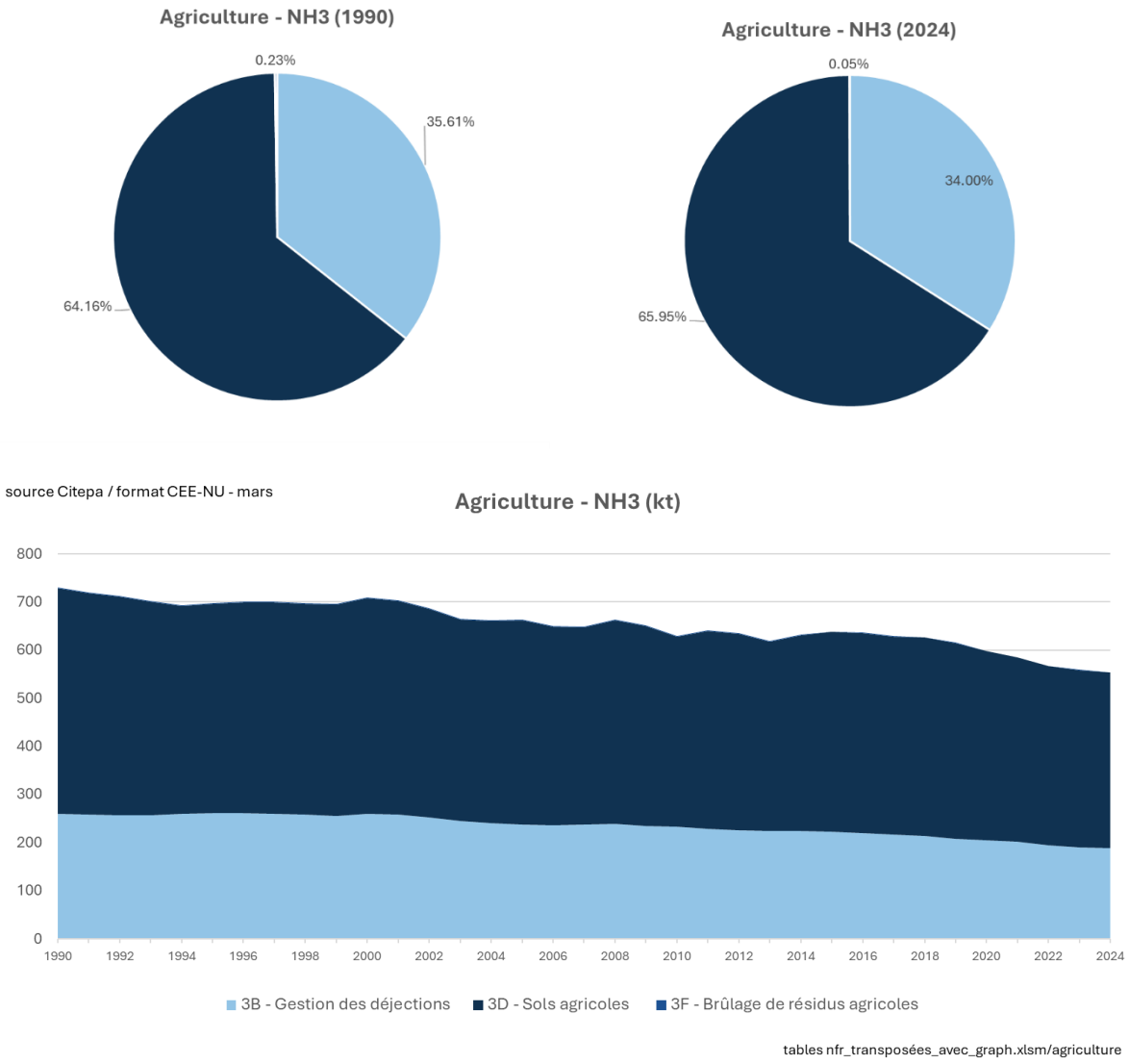


Figure 118 : Évolution des émissions de NH_3 du secteur agricole (kt)

La répartition des émissions de NH_3 du secteur agricole par poste est assez stable sur la période : environ 35% des émissions proviennent de la gestion des déjections et 65% 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 2024, ce qui en fait le premier poste participant à la baisse des émissions du secteur (- 103,2 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, notamment pour les produits liquides. 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 28 % entre 1990 et 2024, soit - 71,8 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.

5.2.4 Émissions de CO

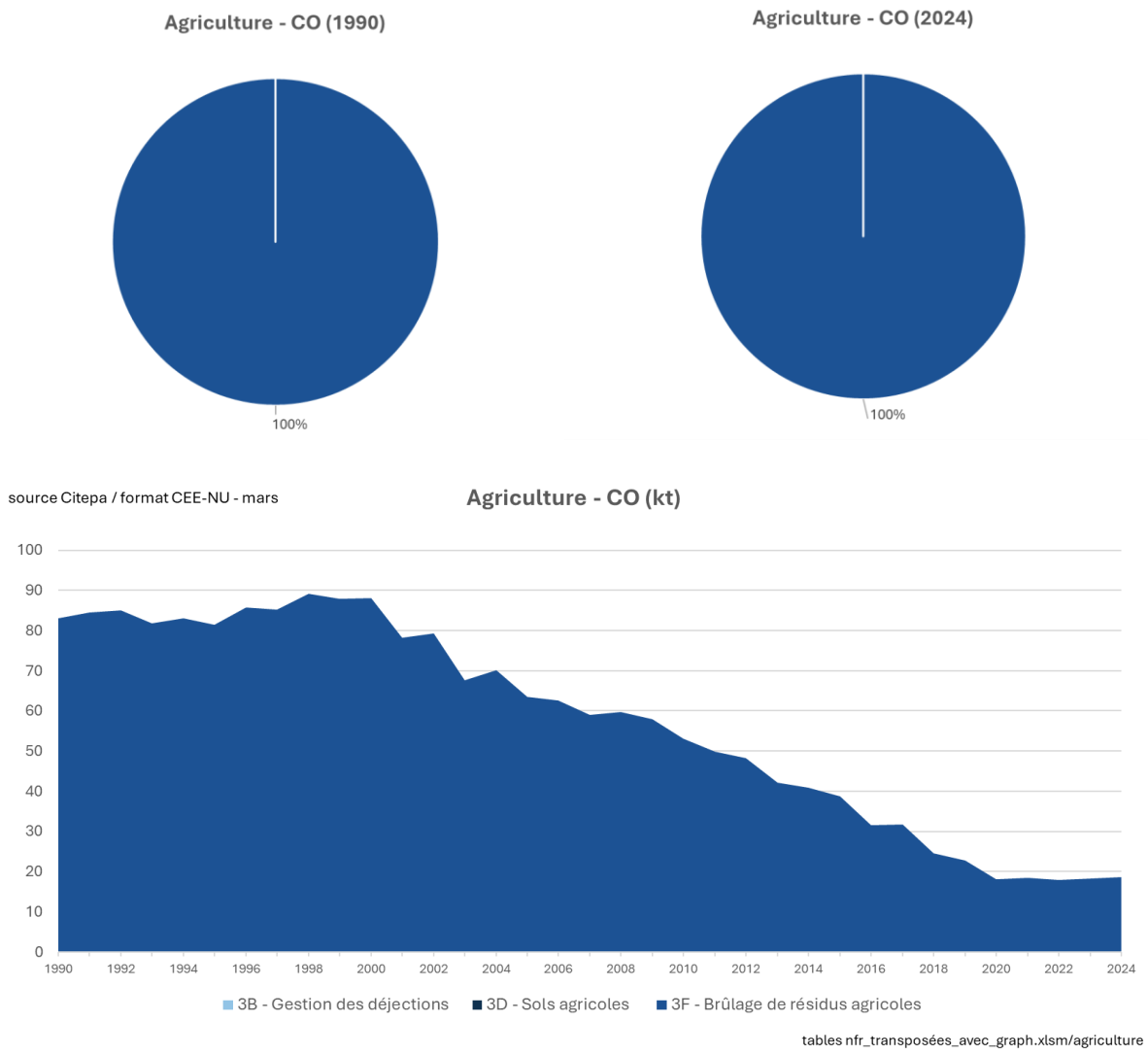


Figure 119 : Évolution des émissions de CO du secteur agricole (kt)

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. Les émissions de CO proviennent essentiellement du brûlage des sarments de vigne et des résidus de blé. 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 5 enquêtes : 2000, 2005, 2011, 2017 et 2021.

5.2.5 Émissions de $PM_{2,5}$

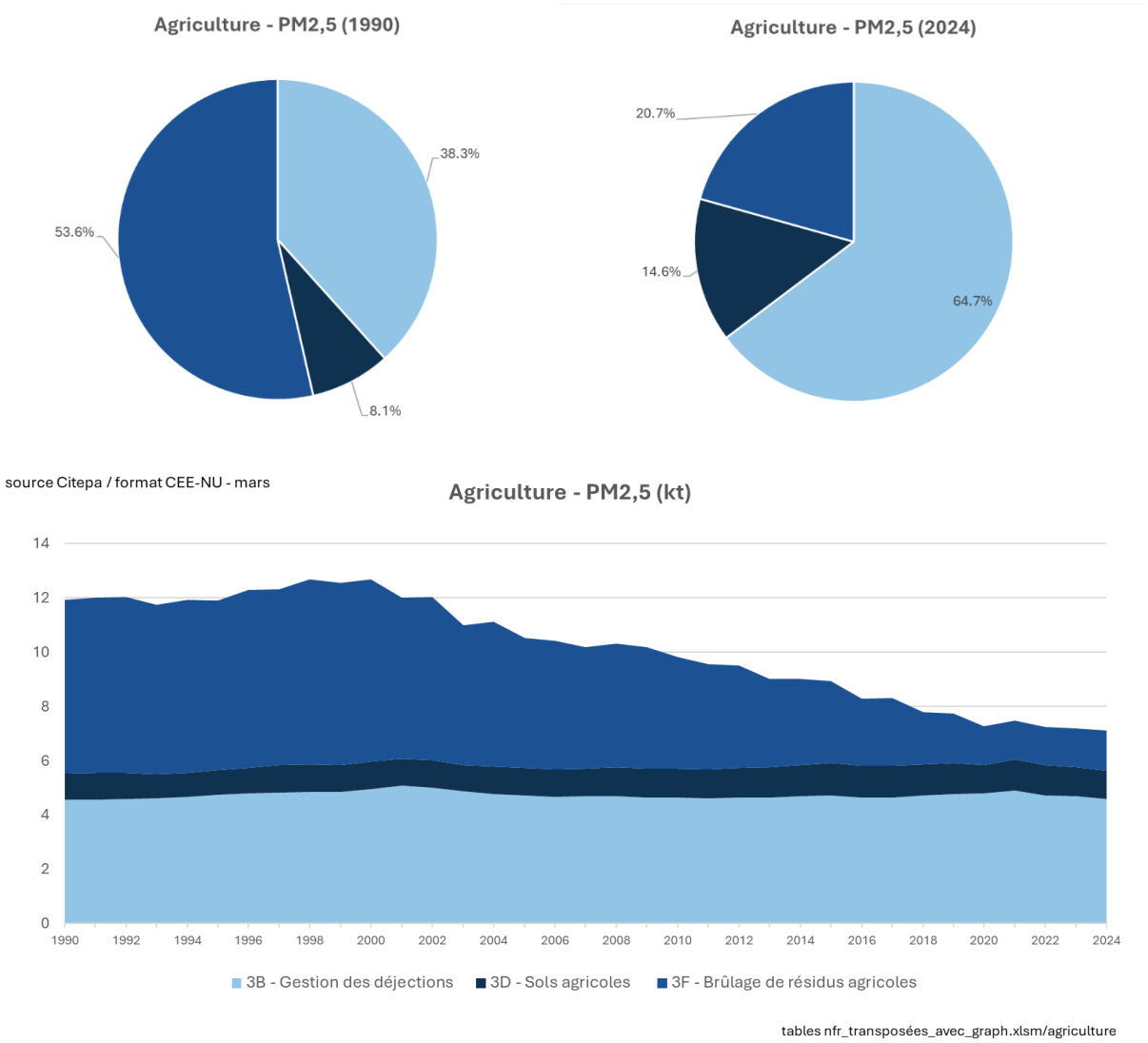


Figure 120 : Évolution et répartition des émissions de $PM_{2,5}$ du secteur agricole (kt)

La baisse des émissions de $PM_{2,5}$ 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.

Les émissions de $PM_{2,5}$ pour le poste 3F proviennent essentiellement du brûlage des sarments de vigne et des résidus de blé. Ce sont également les principaux postes contribuant à la baisse des émissions de $PM_{2,5}$: 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, 2017 et 2021.

5.2.6 Émissions de PM_{10}

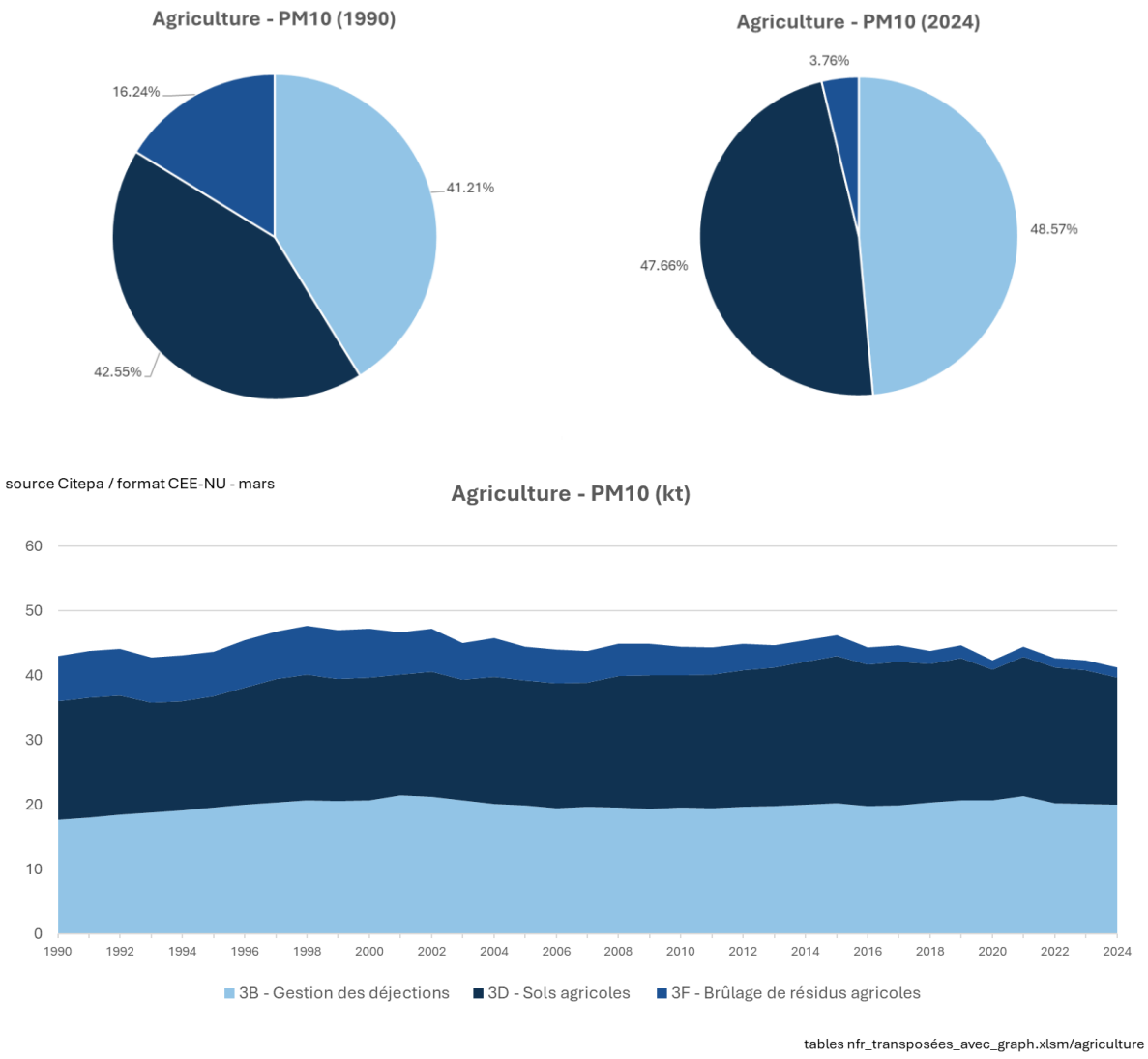


Figure 121 : Évolution et répartition des émissions de PM_{10} du secteur agricole (kt)

Les émissions de PM_{10} NFR 3 ont très légèrement diminué sur la période (- 4 %). Le brûlage de résidus agricoles voit pourtant ses émissions diminuer de 78% entre 1990 et 2024, mais ce n'est pas suffisant pour contrebalancer la hausse constatée sur le poste gestion des déjections (+ 13 % entre 1990 et 2024) et sols agricoles (+ 8 %). 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_{10}. Les émissions liées au travail du sol progressent conjointement à la hausse des surfaces cultivées en céréales et à la baisse des surfaces en prairie sur la période.

5.2.7 Émissions de TSP

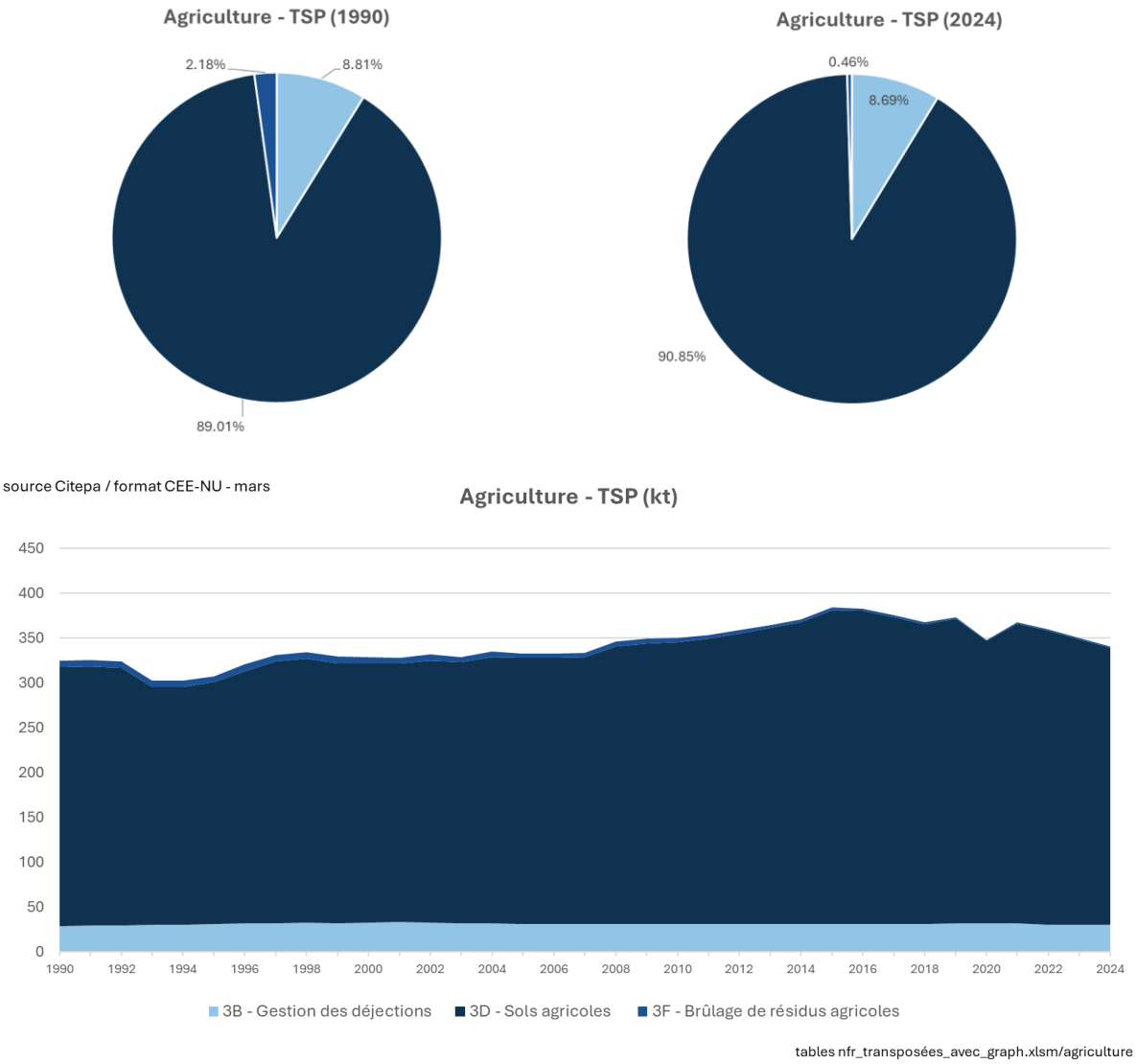


Figure 122 : Évolution et répartition des émissions de TSP du secteur agricole (kt)

Les émissions de TSP sont en hausse sur la période (+ 5 % entre 1990 et 2024). Le principal poste émetteur en agriculture est le travail du sol, comptabilisé dans le poste 3D. Ces émissions sont estimées à partir des surfaces cultivées par type, du nombre d'opérations culturales et d'un facteur d'émission dépendant du climat. Les émissions liées au travail du sol progressent conjointement à la hausse des surfaces cultivées en céréales et à la baisse des surfaces en prairie sur la période.

5.2.8 Émissions de BC

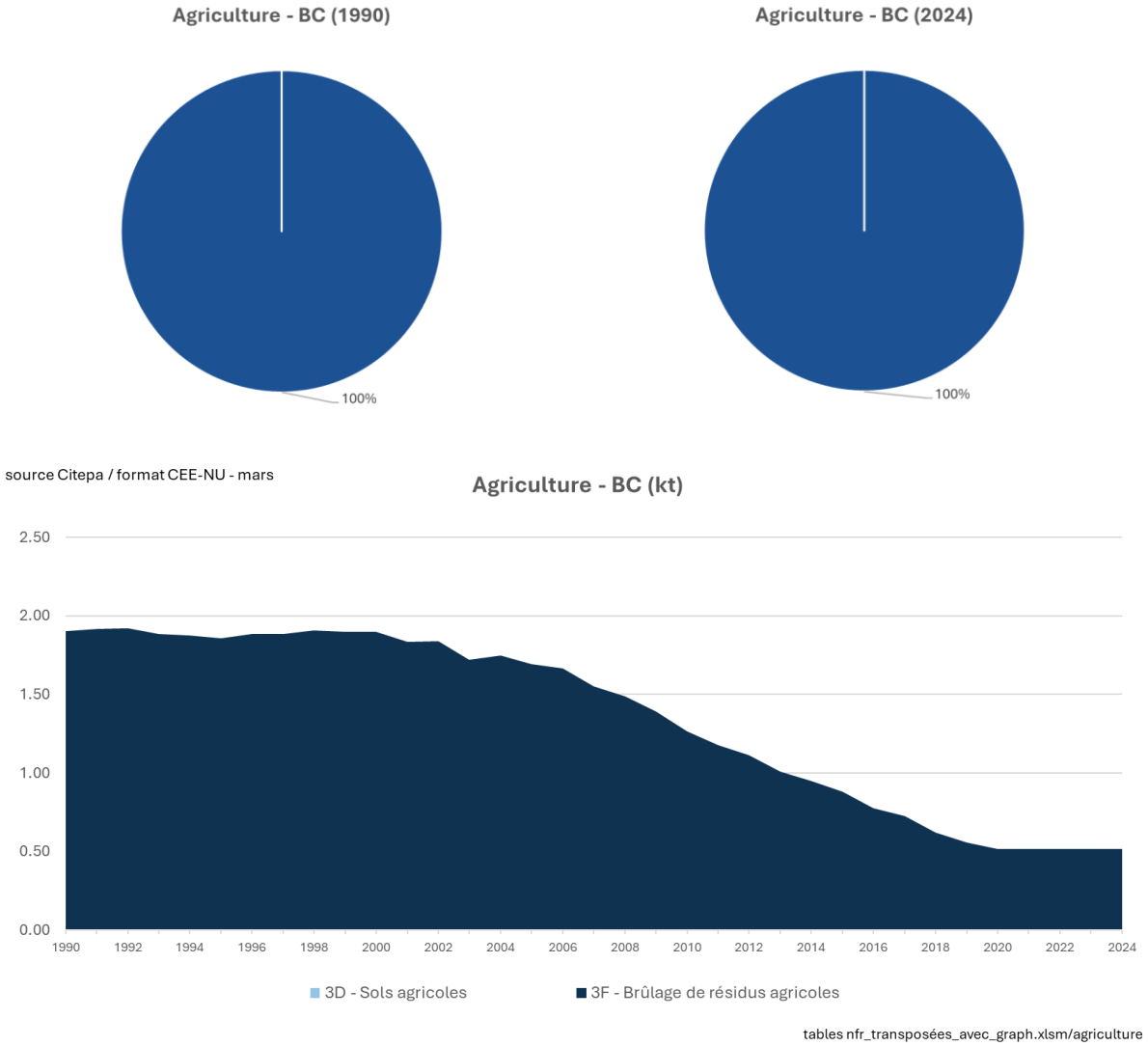


Figure 123 : Évolution des émissions de BC du secteur agricole (kt)

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. Les émissions de BC proviennent majoritairement du brûlage des sarments de vigne et des résidus de blé. 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 5 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011, 2017 et 2021.

5.2.9 Émissions de Pb

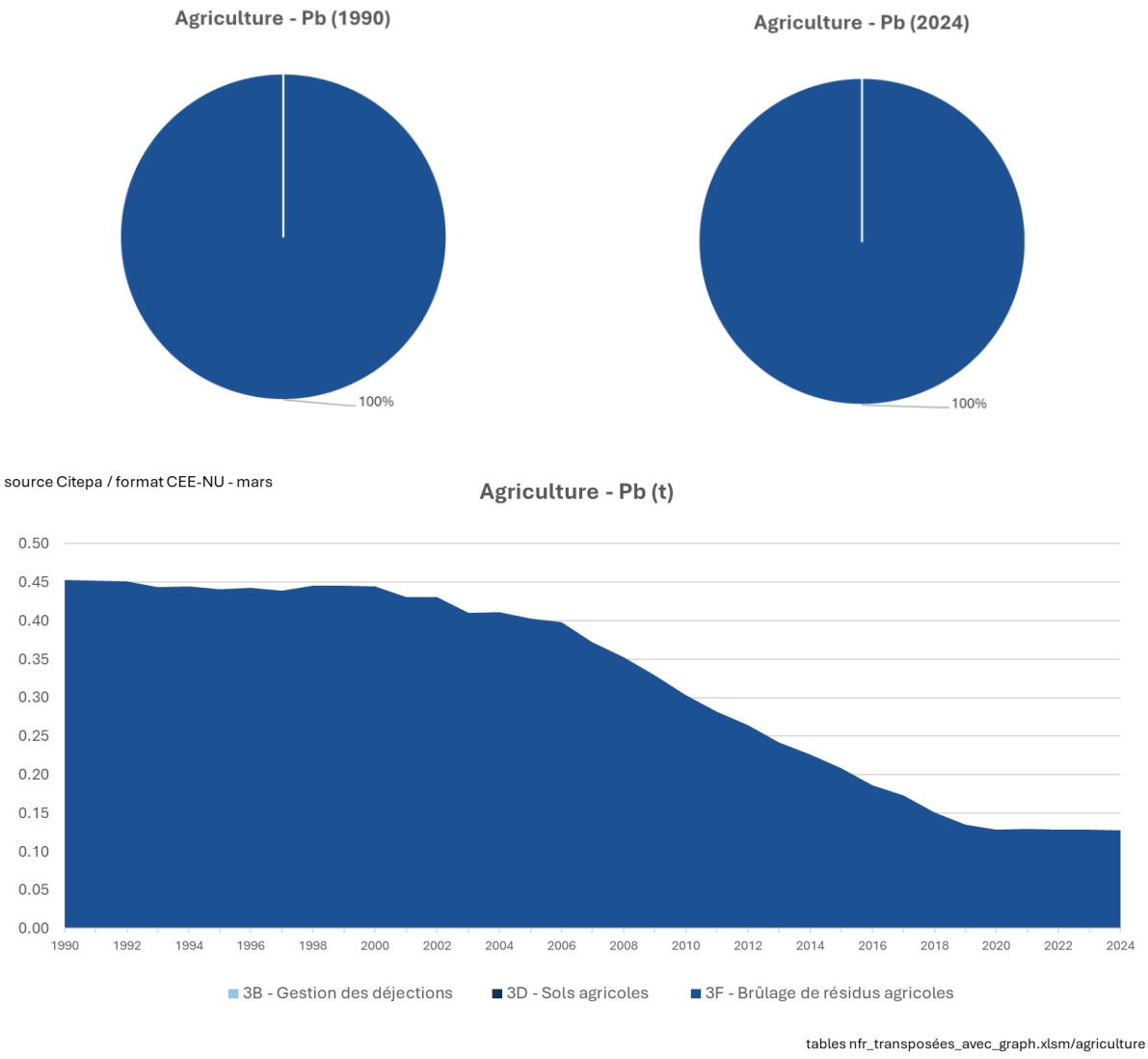


Figure 124 : Évolution des émissions de Pb du secteur agricole (t)

Les émissions de plomb proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. Les émissions de Pb proviennent majoritairement du brûlage des sarments de vigne et des résidus de blé. 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 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 5 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011, 2017 et 2021.

5.2.10 Émissions de Cd

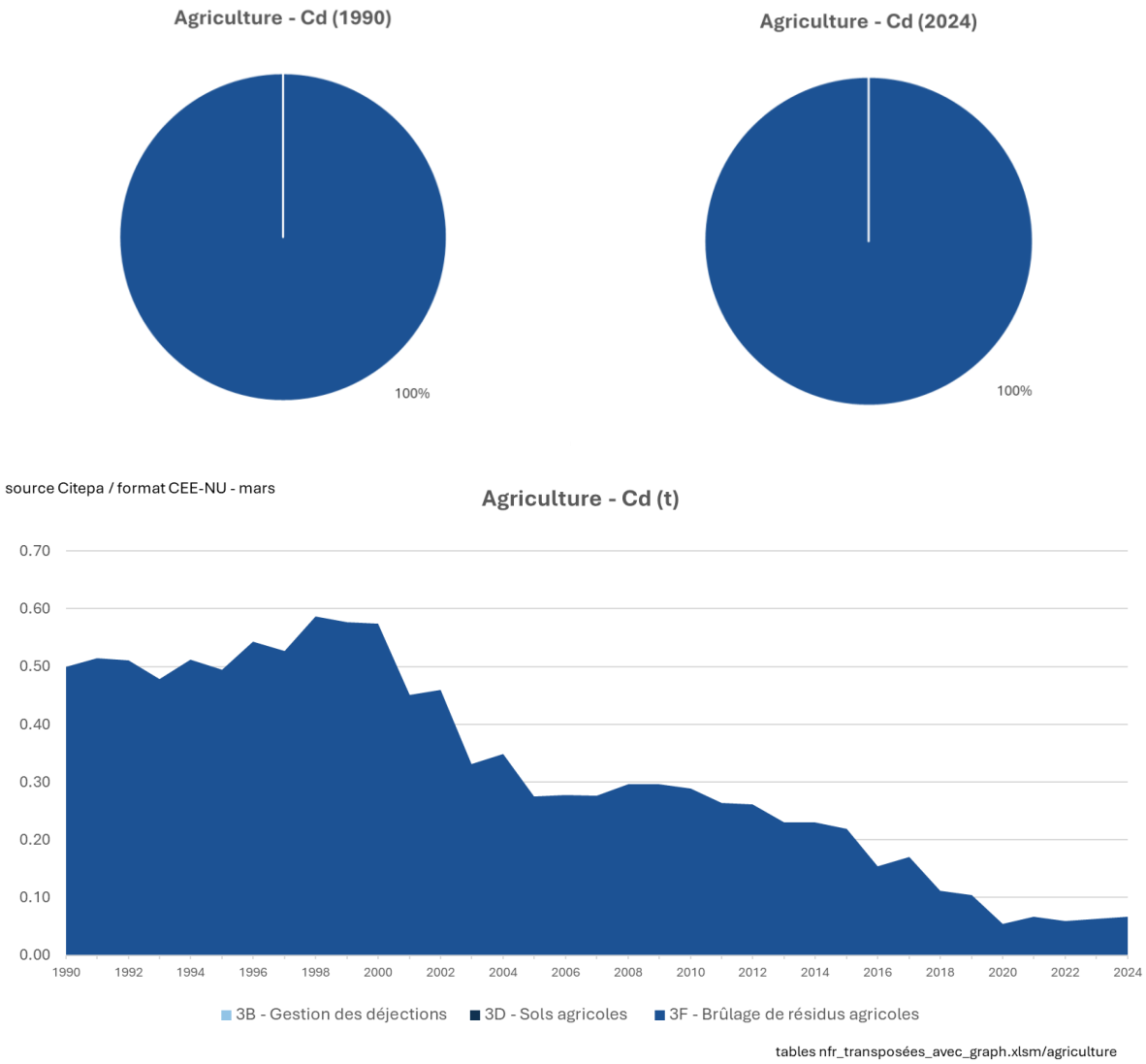


Figure 125 : Évolution des émissions de Cd du secteur agricole (t)

Les émissions de cadmium proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. Les émissions de Cd proviennent majoritairement du brûlage des résidus de blé. C'est également le principal poste contribuant à la baisse des émissions de Cd. Ces émissions ont diminué du fait de la régression des pratiques de brûlage, évaluées au cours du temps par 5 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011, 2017 et 2021.

5.2.1 Émissions de Hg

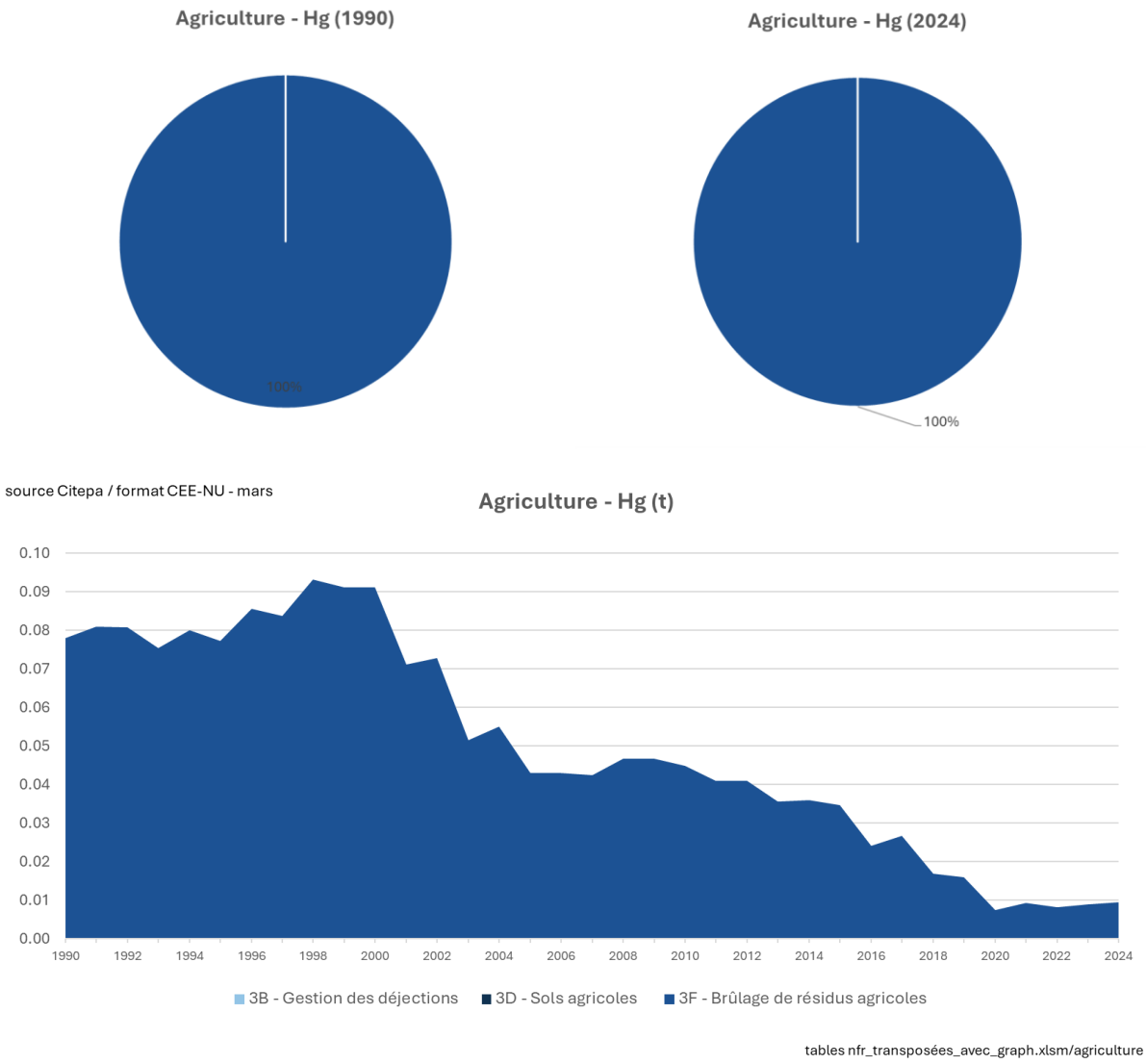


Figure 126 : Évolution des émissions de Hg du secteur agricole (t)

Les émissions de mercure proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. Les émissions de Hg proviennent majoritairement du brûlage des résidus de blé. C'est également le principal poste contribuant à la baisse des émissions de Hg. Ces émissions ont diminué du fait de la régression des pratiques de brûlage, évaluées au cours du temps par 5 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011, 2017 et 2021.

5.2.2 Émissions de PCDD-F

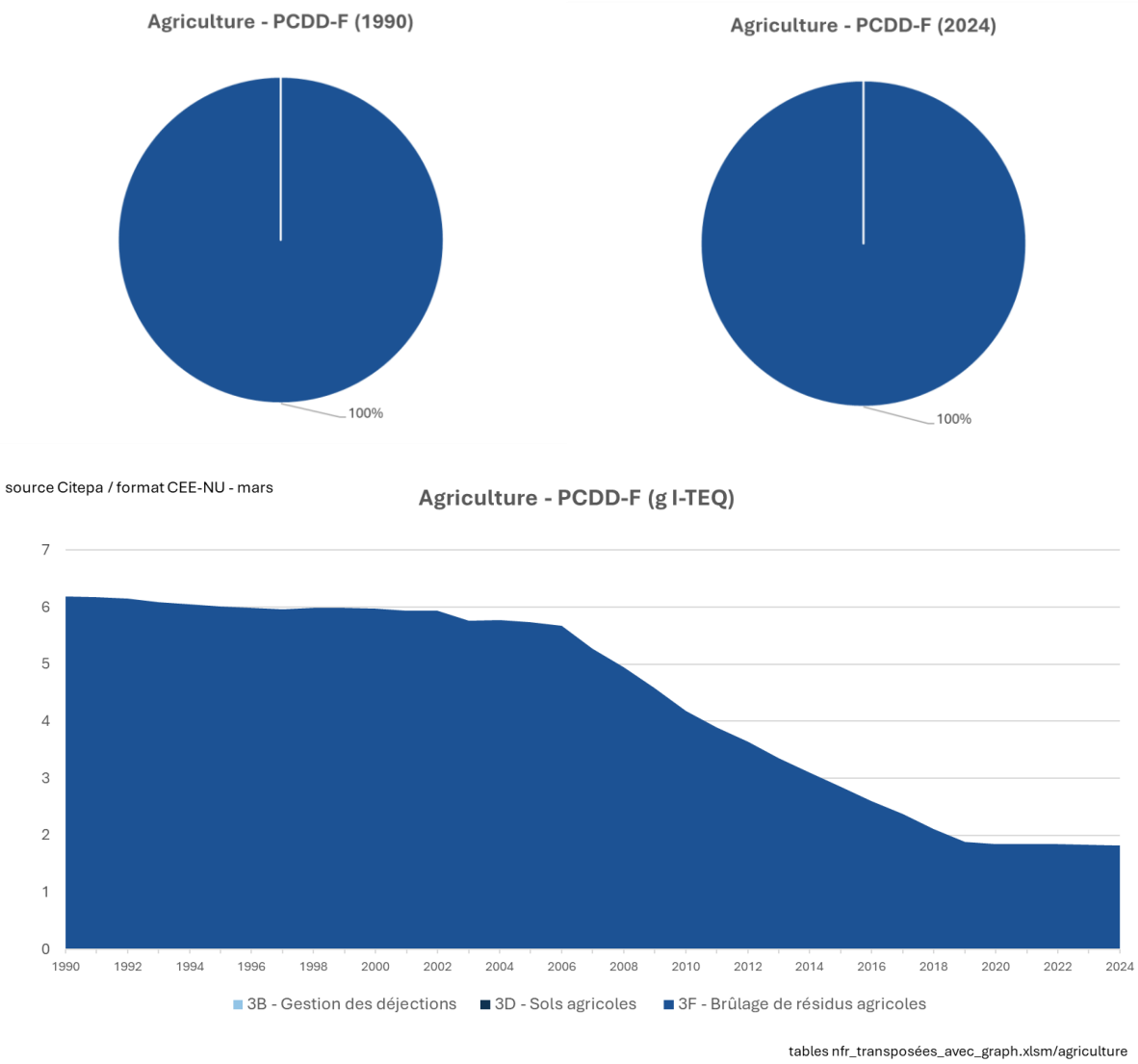


Figure 127 : Évolution des émissions de PCDD-F du secteur agricole (g I-TEQ)

Les émissions de PCDD-F proviennent à 100% du brûlage des résidus agricoles. Ces émissions proviennent majoritairement du brûlage des sarments de vigne. 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.

5.2.3 Émissions de HAPs

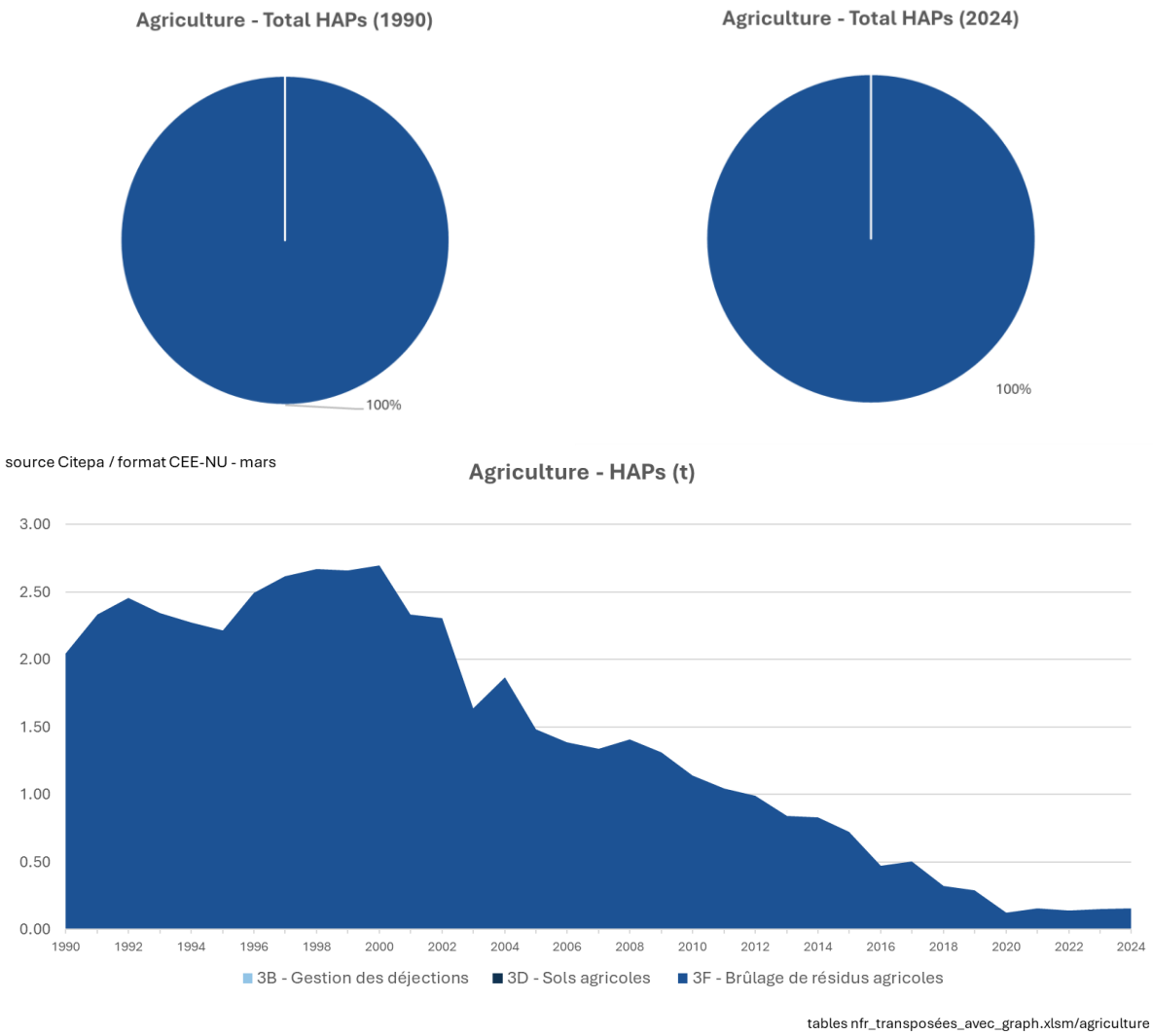


Figure 128 : Évolution des émissions de HAPs du secteur agricole (t)

Les émissions de HAP proviennent à 100 % du brûlage des résidus agricoles. Ces émissions sont issues majoritairement du brûlage des résidus de blé et d'orge. 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 5 enquêtes : 2000 ; 2005, 2011, 2017 et 2021. 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.

5.2.4 Émissions de HCB

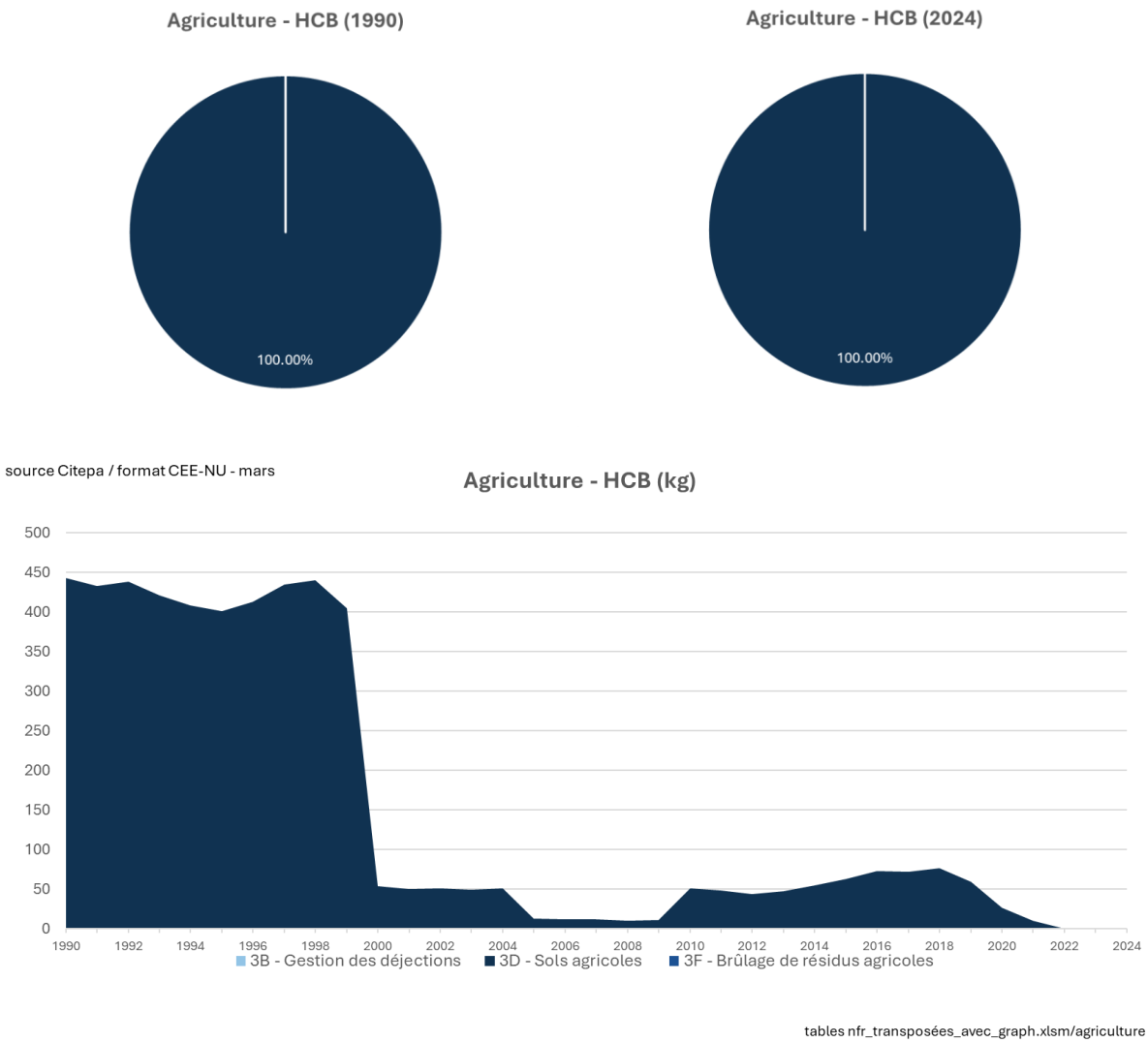


Figure 129 : Évolution des émissions de HCB du secteur agricole (kg)

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.

5.3 Agriculture | Introduction

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.

5.3.1 Système PACRETE pour l'élevage

L'estimation précise des émissions liées à l'élevage est un travail complexe qui nécessite 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'Elevage). 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 France hexagonale. Les explications suivantes font partie intégrante de ce système.

A noter : le système PACRETE est utilisé uniquement pour la France hexagonale. Pour l'Outre-mer, les méthodes appliquées sont les mêmes mais les calculs sont effectués directement sous Excel.

5.3.2 La réforme des régions françaises

En 2015, la division territoriale de la France a été réformée, prenant effet à compter du 1er janvier 2016. Le nombre de régions en France hexagonale est passé de 22 à 13 (dont la Corse). Le tableau ci-dessous présente les correspondances entre anciennes et nouvelles régions.

Tableau 196 : 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
44	Grand-Est	21	Champagne-Ardenne
		42	Alsace
		41	Lorraine
52	Pays de la Loire	52	Pays de la Loire
53	Bretagne	53	Bretagne
75	Nouvelle-Aquitaine	54	Poitou-Charentes
		72	Aquitaine
		74	Limousin
76	Occitanie	91	Languedoc-Roussillon
		73	Midi-Pyrénées
84	Auvergne-Rhône-Alpes	82	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.

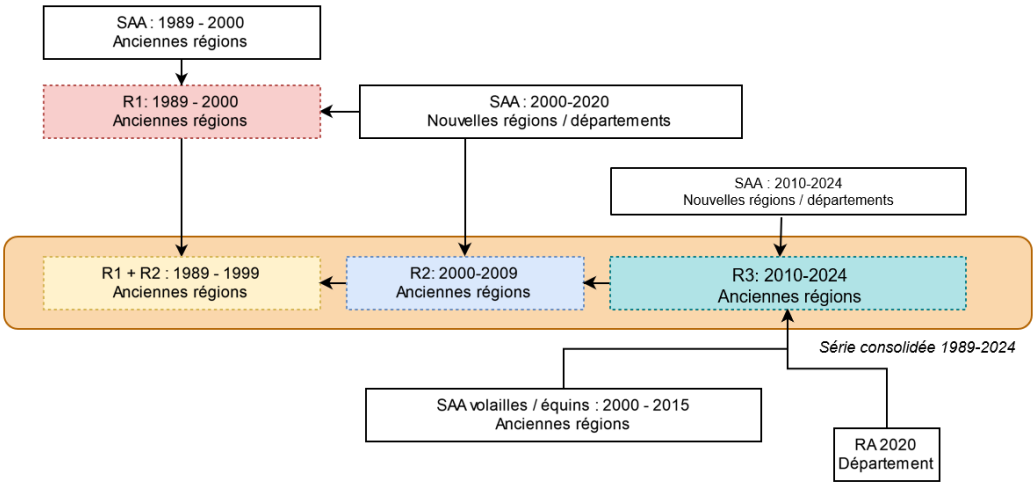
5.3.3 Cheptels

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.

5.3.3.1 Traitement des données

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 130 : 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 2024 (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, 2020). 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 en France hexagonale 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 2024. 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. Des valeurs approchées pour 2020 à 2024 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 29,0 %, et celui passé au stade porcs à l'engrais supérieur à 30kg varie entre 56,0 % et 61,3 %.

Tableau 197 : 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	13,6%	25,3%	61,1%		
	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 2024

Source Citepa / format Ominea février 2026 Graph_Ominea_2026.xlsx/Repart_Porcins

Tableau 198 : Evolution du cheptel porcin détaillée par catégories fines (France hexagonale 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	1 526 499	2 941 717	6 874 467	869 502	11 994
2023	1 492 143	2 810 501	6 733 977	859 262	11 018
2024	1 493 402	2 765 738	6 689 164	844 140	10 682

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 199 : Catégories et sous-catégories de l'inventaire

Catégories et sous-catégories de l'inventaire	
Vaches laitières	
Autres bovins	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
	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
Truies de 50 kg et plus	
Autres porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)
	Verrats de 50 kg et plus
	Porcs à l'engrais (>30kg)
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 couver
	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 (uniquement en Nouvelle-Calédonie)

Il faut noter que cette catégorisation, à partir de laquelle les calculs sont effectués au sein de PACRETE, est plus fine que les catégories CRT/NFR. Cela pourra être à l'origine de variations des facteurs d'émission agrégés d'une année sur l'autre au niveau des

catégories CRT/NFR, car les proportions des effectifs des catégories fines peuvent varier au sein d'une catégorie agrégée CRT/NFR.

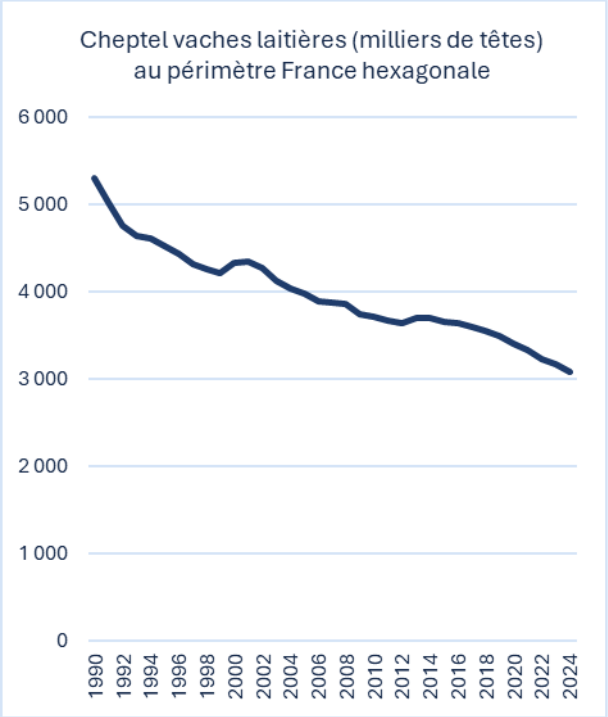
Tableau 200 : Cheptels bovins, porcins, ovins et caprins au périmètre France hexagonale sur la période 1990-2024

	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	3 230 474	13 662 548	869 502	11 354 677	6 665 656	1 346 487
2023	3 163 745	13 547 015	859 262	11 047 639	6 573 968	1 320 145
2024	3 072 881	13 291 052	844 140	10 958 986	6 492 925	1 329 614

Tableau 201 : Cheptels équins, volailles et lapines au périmètre France hexagonale sur la période 1990-2024

	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	294 835	20 685	86 057 000	140 383 000	42 969 000	383 000
2023	289 713	20 237	82 849 000	132 744 000	45 079 000	370 000
2024	288 014	19 632	83 063 000	140 274 000	49 387 000	355 000

5.3.3.2 Évolution des cheptels sur la période



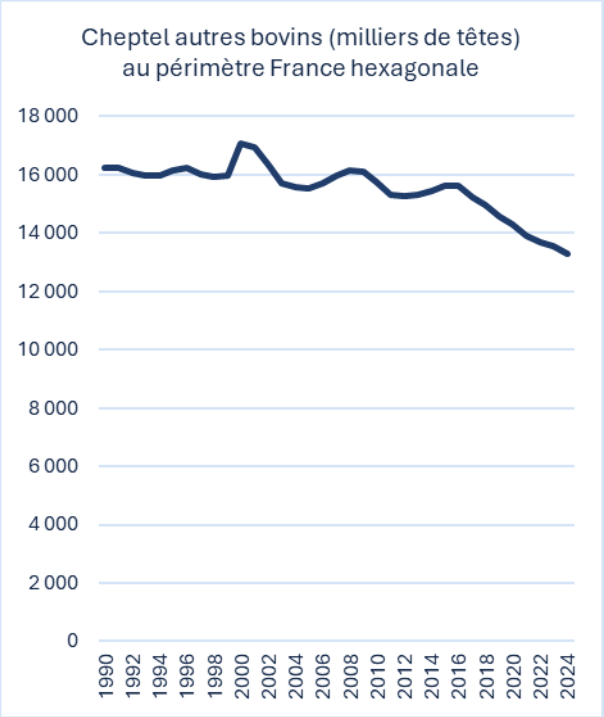


Figure 131 : Évolution des cheptels bovins au périmètre France hexagonale

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'Idele, la suppression des quotas laitiers en 2015 n'a eu qu'un effet conjoncturel de rétention des vaches par les éleveurs sur les deux 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'accentue sur les dernières années. L'Idele 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.

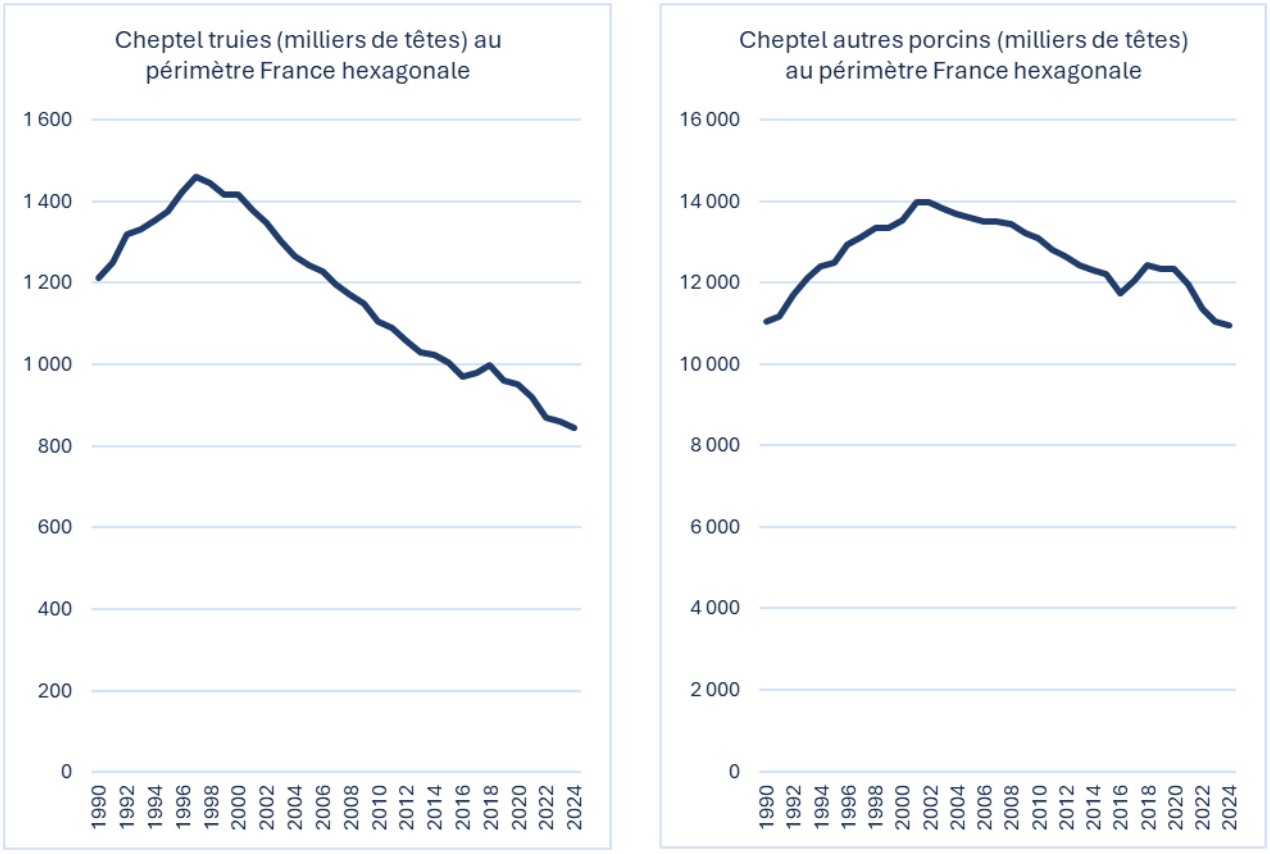


Figure 132 : Évolution des cheptels porcins au périmètre France hexagonale

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 2022-2023 le cheptel porcin se replie dans un contexte de forte

hausse des coûts de production (guerre en Ukraine), d'une réduction de la demande intérieure et d'une contraction des exportations vers la Chine. En 2024, on assiste à une très légère reprise de la production porcine. Avec des carcasses plus lourdes le cheptel continue de se replier par rapport à 2023.

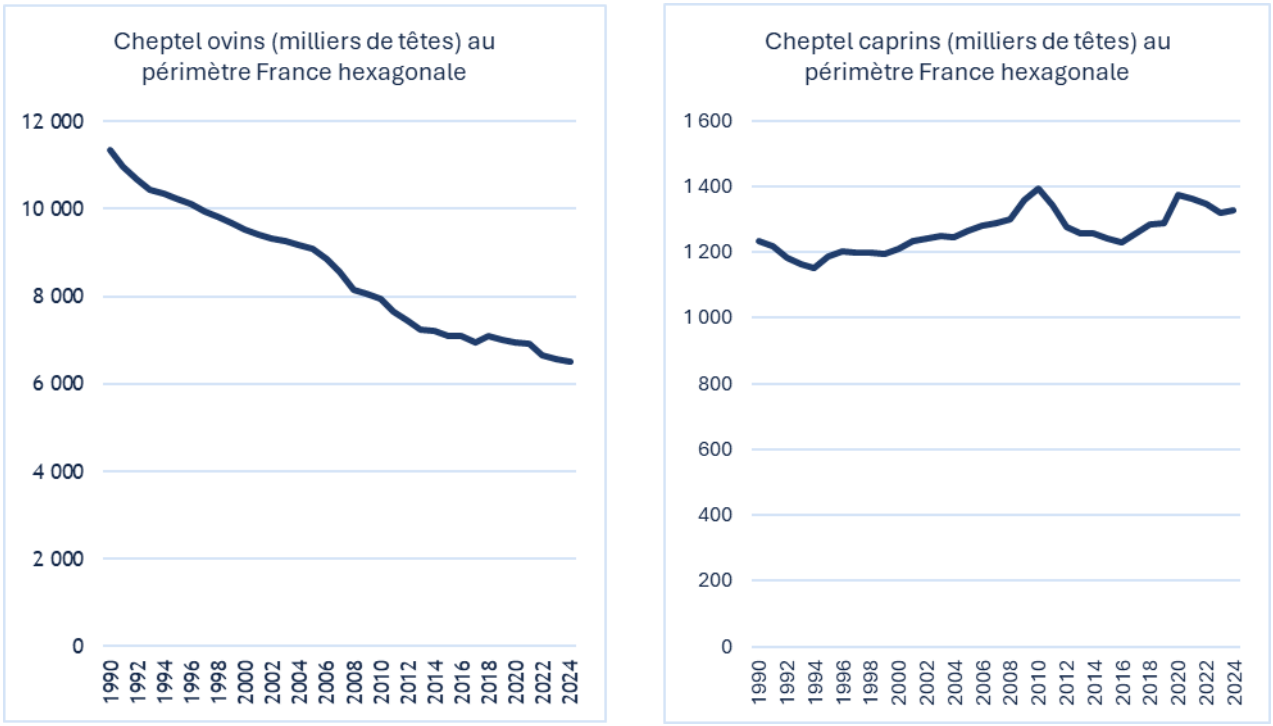


Figure 133 : Évolution des cheptels ovins et caprins au périmètre France hexagonale

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, entrainant 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, entrainant 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 en 2021 dans un contexte de coûts de production élevés (prix de l'aliment, guerre en Ukraine).

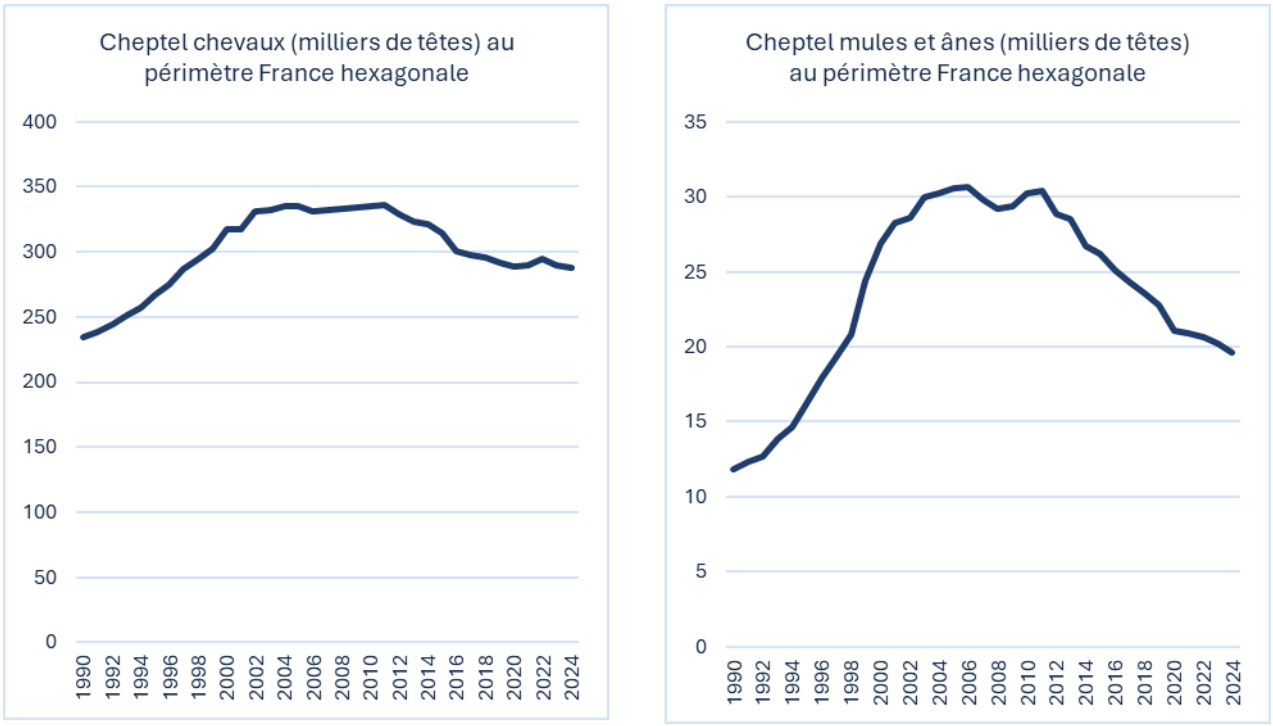
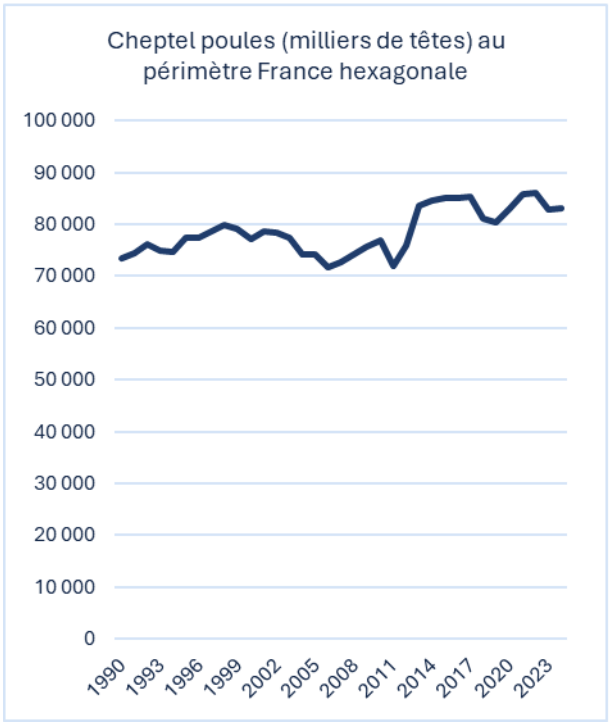


Figure 134 : Evolution des cheptels équins au périmètre France hexagonale

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 entre 2013 et 2020, les activités équestres sont également en baisse avant d'amorcer une reprise sur la période récente.



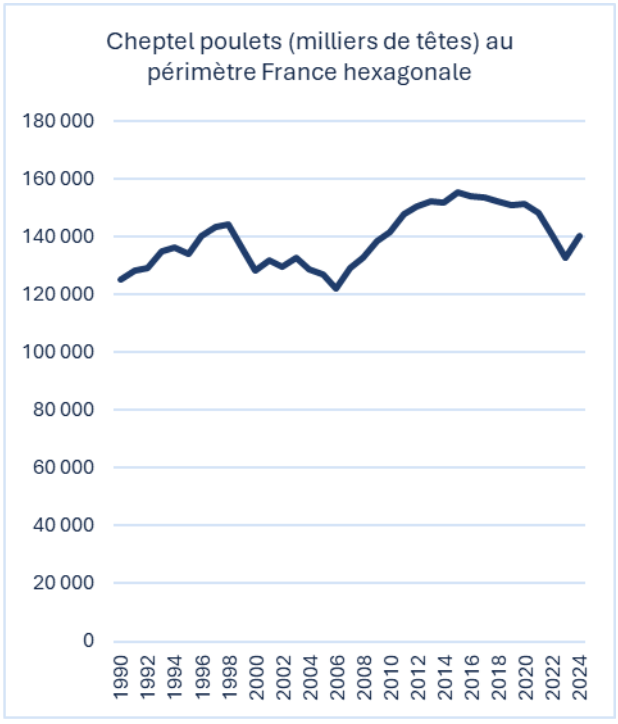
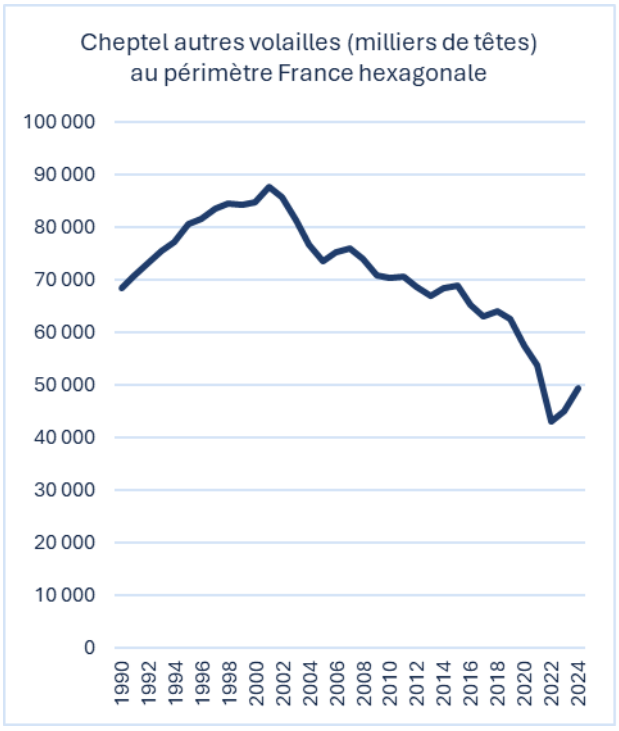


Figure 135 : Evolution des cheptels poules et poulets au périmètre France hexagonale



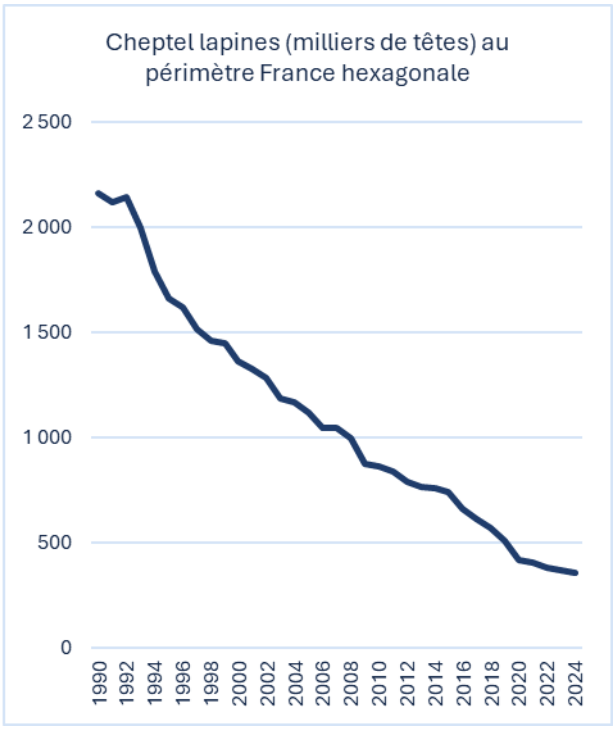


Figure 136 : Evolution des cheptels autres volailles et lapines au périmètre France hexagonale

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). Depuis 2016, 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. En 2023, la production d'œufs a repris bien que des cas d'influenza aviaire aient été recensés en début d'année. En 2024, le cheptel ponte reste stable par rapport à 2023.

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 et 2023, 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. En 2024, le cheptel se redresse et retrouve des niveaux d'avant-crise, en lien avec une consommation dynamique.

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. Entre 2021 et 2023, la production de dinde continue de se replier. En 2024 le cheptel de dinde progresse par rapport à 2023.

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 2023. En 2020, les filières canard à rôtir, 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. En 2024, le cheptel de palmipède se redresse par rapport aux précédentes années.

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 viral du lapin (VHD) qui fragilisent la filière.

5.3.4 Systèmes de gestion des déjections animales

5.3.4.1Les 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.

5.3.4.2Traitement des données sur les systèmes de gestion

La méthodologie de traitement des données disponibles sur les systèmes de gestion des déjections animales est détaillée en annexe « A.1 Systèmes de gestion des déjections animales (SGDA) ».

5.3.4.3Les 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 ;
- Pâture.

Ne disposant pas de données spécifiques aux DOM COM, les données de la France hexagonale sont utilisées.

Tableau 202 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins (périmètre France hexagonale)

		Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Litière accumulée	Pâture
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%
	2024	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%
	2024	2,8%	1,1%	42,4%	11,4%	42,3%

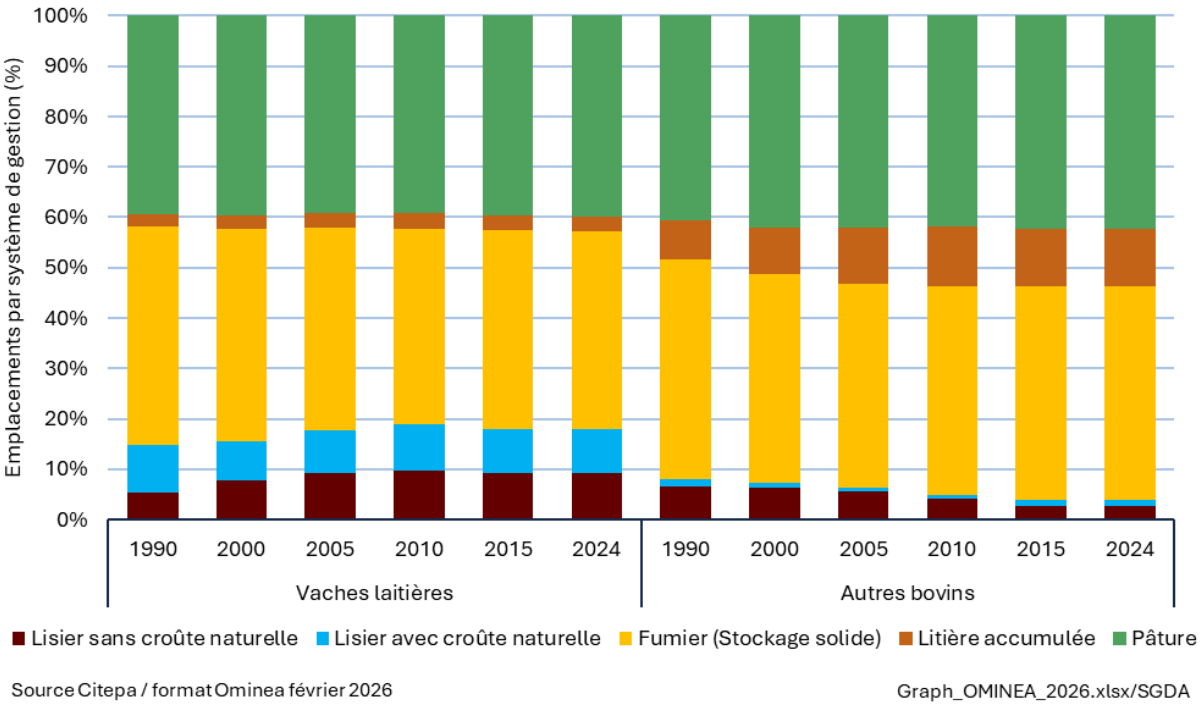


Figure 137 : Répartition entre types d'effluents pour les bovins (périmètre France hexagonale)

Pour les autres animaux, 3 systèmes de gestion des déjections sont distingués :

- Lisier sans croûte naturelle ;
- Fumier (stockage solide) ;
- Pâture/parcours.

Tableau 203 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins (périmètre France hexagonale)

		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%
	2024	90,3%	8,0%	1,7%
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%
	2024	94,1%	5,3%	0,5%

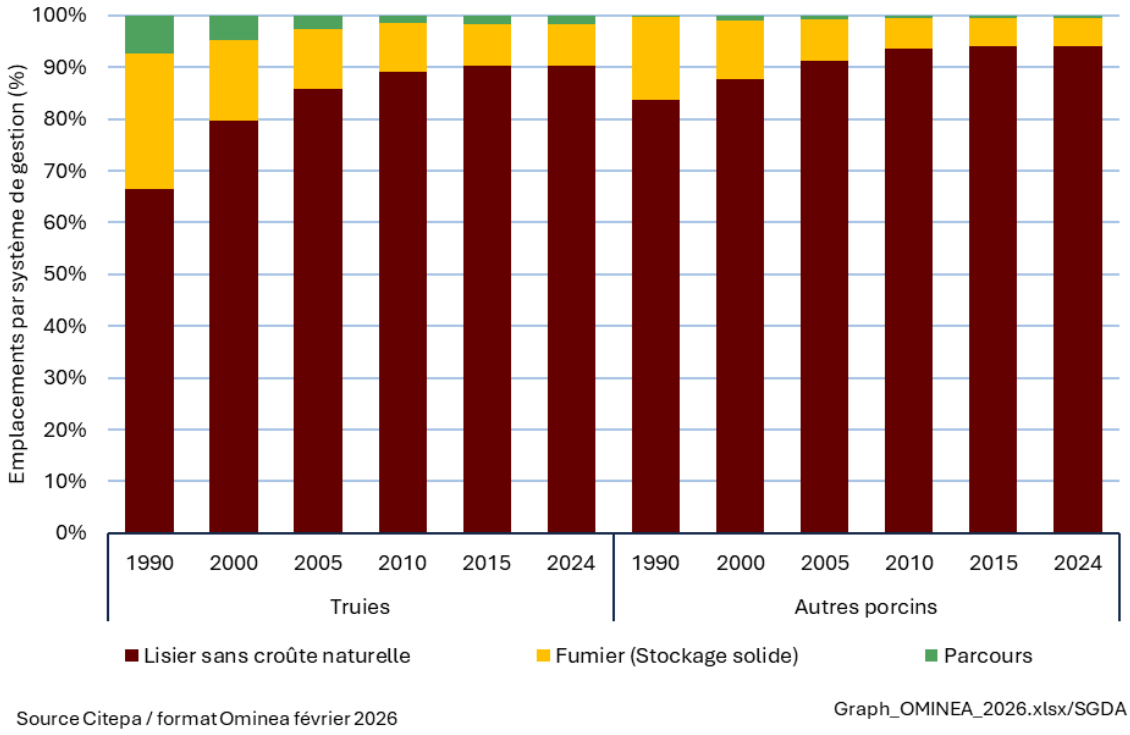


Figure 138 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins (périmètre France hexagonale)

Tableau 204 : Répartition des systèmes de gestion des déjections ovins, caprins, équins (périmètre France hexagonale)

		Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Pâture
Ovins	1990	0,0%	25,9%	74,1%
	2024	0,3%	25,4%	74,3%
Caprins	1990	0,0%	89,0%	11,0%
	2024	3,4%	85,7%	10,9%
Equins	1990	0,0%	41,7%	58,3%
	2024	0,0%	41,7%	58,3%

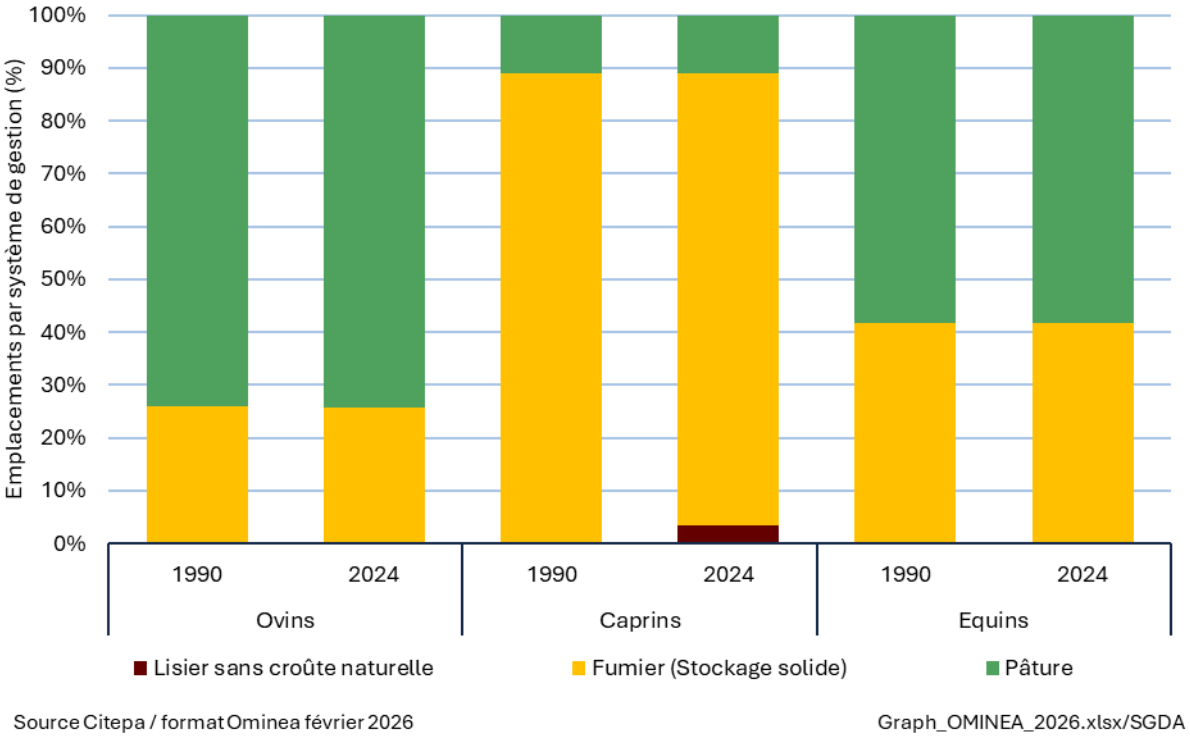


Figure 139 : Répartition des systèmes de gestion des déjections ovins, caprins, équins (périmètre France hexagonale)

Tableau 205 : Répartition des systèmes de gestion des déjections volailles et lapines (périmètre France hexagonale)

		Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Parcours
Volailles	1990	4,5%	92,0%	3,5%
	2000	6,0%	89,7%	4,3%
	2005	6,9%	87,4%	5,7%
	2010	5,2%	88,1%	6,7%
	2015	5,2%	87,8%	7,0%
	2024	4,8%	88,1%	7,1%
Lapines	90-24	98,0%	2,0%	0,0%

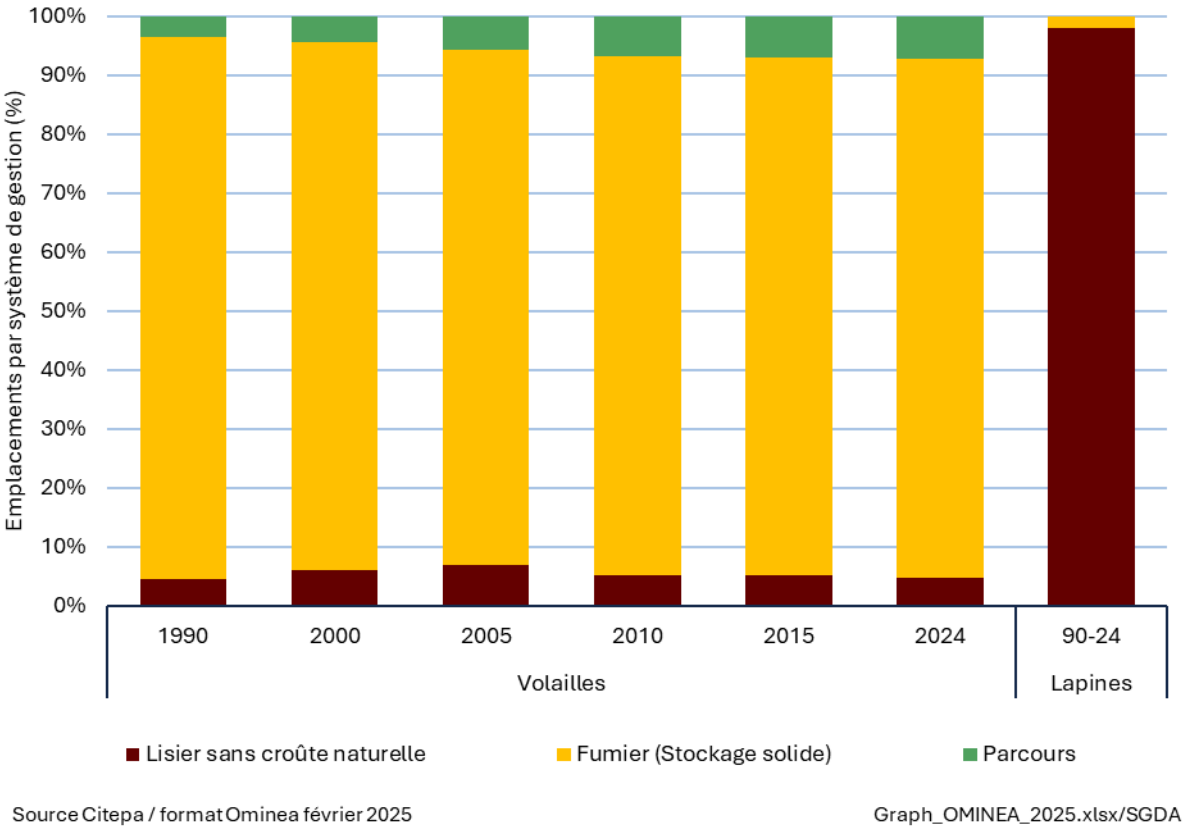


Figure 140 : Répartition des systèmes de gestion des déjections volailles et lapines (périmètre France hexagonale)

5.3.5 Méthanisation agricole

La méthanisation agricole se développe en France hexagonale de façon importante depuis les quinze dernières années (Figure 141). 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 1 412 méthaniseurs agricoles (à la ferme + centralisés) en 2023. Au moment de l'élaboration des inventaires, les nouveaux méthaniseurs installés en 2024 n'étaient pas disponibles sur le site SINOE et la valeur 2023 a été reconduite. 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 méthanisées et des quantités de digestats épandus.

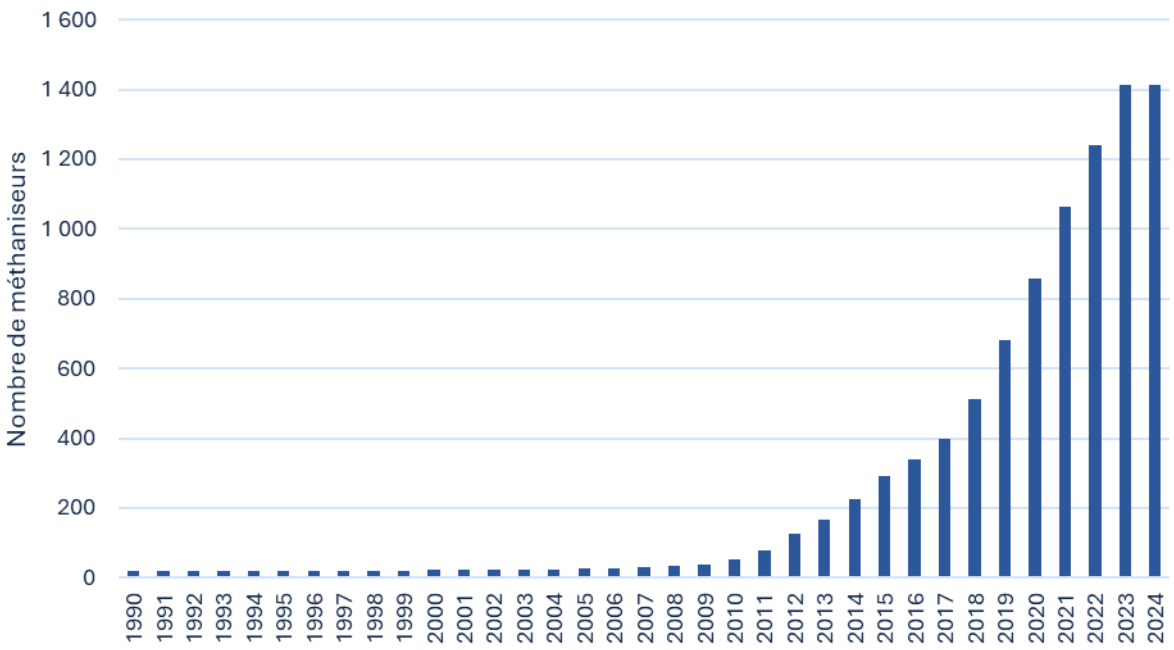


Figure 141 : Evolution du nombre de sites de méthanisation agricole en France

5.3.5.1Mode 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 206 : Sources de données régionales mobilisées pour l'estimation des quantités d'intrants méthanisés

Région	Source	Année	Référence
Auvergne-Rhône-Alpes	DREAL AURA	2020 - 2023	[1236]
Bourgogne-Franche-Comté	ADEME	2019	[1158]

Bretagne	Association AILE	2021 - 2024	[1237]
Centre-Val de Loire	Citepa	2020	
Grand Est	Ademe	2020 - 2023	[1336]
Hauts de France	Citepa	2020	
Ile-de-France	AREC IDF	2022-2023	[1239]
Normandie	Chambre d'agriculture Normandie,		
Biomasse Normandie	2020, 2023, 2024	[1240], [1335]	
Occitanie	Citepa	2020	
PACA	Citepa	2020	
Pays de la Loire	Association AILE, DREAL PDL	2019 - 2024	[1159], [1241]

Une ration d'un méthaniseur moyen est donc établie à l'échelle régionale avant d'obtenir une ration nationale (Figure 142 & Figure 143). 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 :

$$\text{Intrants } méthanisés_{i,r,k} = Nombre\ de\ méthaniseurs_{i,r} * Tonnages\ intrants\ moyens_{i,r,k}$$

En 2023 on dénombre ainsi 1412 méthaniseurs agricoles en activité valorisant 20,8 millions de tonnes de matière brute à 49 % 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.

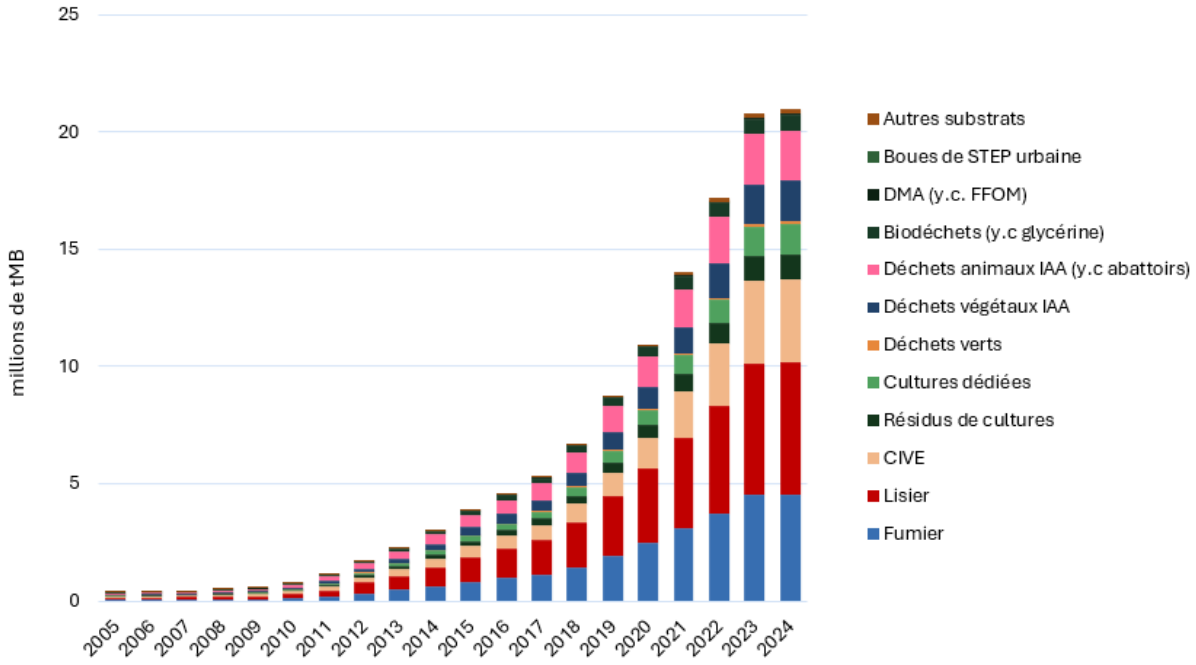


Figure 142. Estimation des quantités d'intrants alimentant les méthaniseurs agricoles en France. Source : Citepa d'après sources multiples : AILE, AREC, DREAL, ADEME…

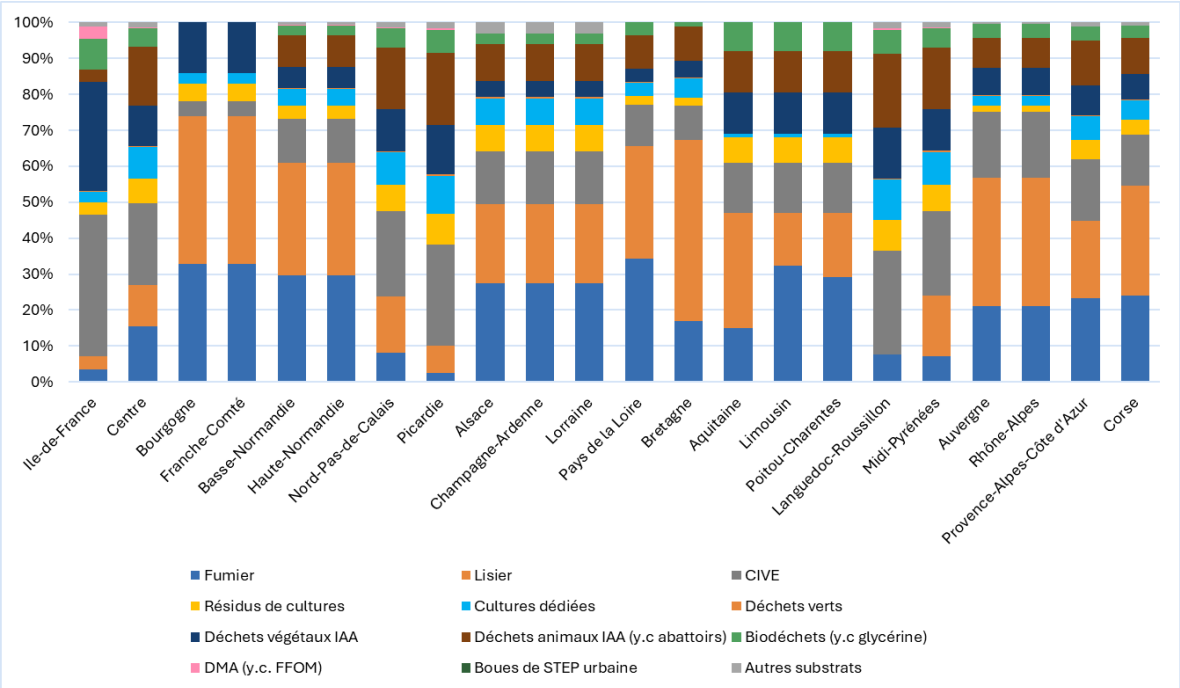


Figure 143. Estimation des rations moyennes des méthaniseurs agricoles par ancienne région (avant réforme 2016) pour l'année la plus récente – Source : Citepa d'après sources multiples : AILE, AREC, DREAL, ADEME…

5.3.5.2 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 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Aussi pour une région r, une catégorie d'élevage s, et un type d'effluent e :

$$\text{gisement effluents}_{r,s,e} = \frac{azote\ excrété\ par\ tête_{r,s,e}}{teneur\ en\ azote\ effluents_{s,e}}$$

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.

$$\text{quantité } effluents\ par\ tête_{r,s,e} = \frac{gisement\ effluents_{r,s,e}}{cheptel_{r,s}}$$

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.

$$\text{intrants } méthanisés_{r,s,e} = intrants\ méthanisés_{r,e} \times \frac{gisement\ effluents_{r,s,e}}{\sum_s gisement\ effluents_{r,s,e}}$$

On déduit ainsi le cheptel (théorique) dont les déjections sont entièrement méthanisées des intrants méthanisés régionaux et des quantités moyennes d'effluents par animal.

$$\text{cheptel } méthanisé_{r,s} = \frac{intrants\ méthanisés_{r,s,e}}{quantité\ effluents\ par\ tête_{r,s,e}}$$

Tableau 207. 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

Catégories inventaire (SAA)	Type d'effluent	Référence utilisée	Nom dans la référence	gN/kgMB
	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 couver	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

Catégories inventaire (SAA)	Type d'effluent	Référence utilisée	Nom dans la référence	gN/kgMB
Equins	lisier	[1231]	Fumier courant	8,2
	fumier	[1231]	Fumier courant	8,2

Ces estimations sont réalisées pour l'ensemble des animaux d'élevage.

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 ».

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 :

$$\text{places LAC } m\acute{e}thanis\acute{e}es = places\ lisier\ m\acute{e}thanis\acute{e}es \times \frac{places\ LAC}{places\ LAC + \ places\ LSC}$$

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.

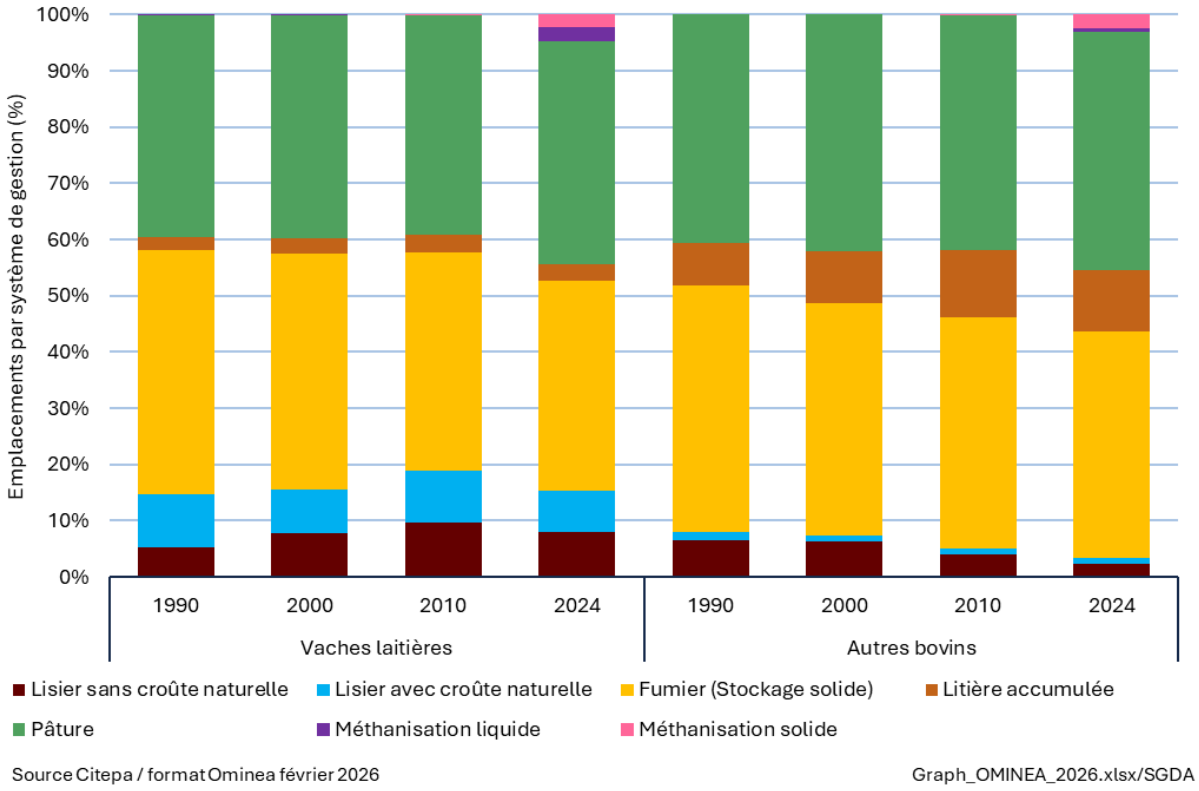
On répartit également les places fumier entre les systèmes stockage solide et litière accumulée, au prorata des places pour chacun des systèmes l'année en question, par ancienne région. Comme pour les systèmes liquides, on se retrouve alors avec 4 types d'effluents solides pour les bovins : stockage 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 208 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins avec méthanisation (périmètre France hexagonale)

		Lisier sans croûte naturelle	Lisier avec croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Litière accumulée	Pâture	Méthanisation liquide	Méthanisation solide
Vaches laitières	1990	5,4%	9,4%	43,4%	2,4%	39,4%	0,0%	0,0%
	2000	7,7%	7,9%	42,0%	2,7%	39,7%	0,0%	0,0%
	2010	9,7%	9,1%	38,9%	3,1%	39,1%	0,1%	0,1%
	2024	7,9%	7,5%	37,3%	2,8%	39,8%	2,4%	2,3%
Autres bovins	1990	6,6%	1,4%	43,8%	7,6%	40,6%	0,0%	0,0%
	2000	6,3%	1,0%	41,3%	9,4%	42,0%	0,0%	0,0%
	2010	4,0%	0,9%	41,2%	11,9%	41,9%	0,0%	0,1%
	2024	2,4%	1,0%	40,4%	10,9%	42,3%	0,5%	2,5%



Source Citepa / format Ominea février 2026 Graph_OMINEA_2026.xlsx/SGDA

Figure 144 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des bovins avec méthanisation (périmètre France hexagonale)

Tableau 209 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins avec méthanisation (périmètre France hexagonale)

		Lisier sans croûte naturelle	Fumier (Stockage solide)	Parcours	Méthanisation liquide	Méthanisation solide
Truies	1990	66,3%	26,1%	7,5%	0,1%	0,0%
	2000	79,7%	15,6%	4,7%	0,1%	0,0%
	2010	88,9%	9,3%	1,6%	0,2%	0,0%
	2024	80,7%	7,6%	1,7%	9,6%	0,4%
Autres porcins	1990	83,7%	16,0%	0,3%	0,1%	0,0%
	2000	87,7%	11,1%	1,1%	0,1%	0,0%
	2010	93,3%	6,0%	0,5%	0,2%	0,0%
	2024	84,2%	5,0%	0,6%	9,9%	0,3%

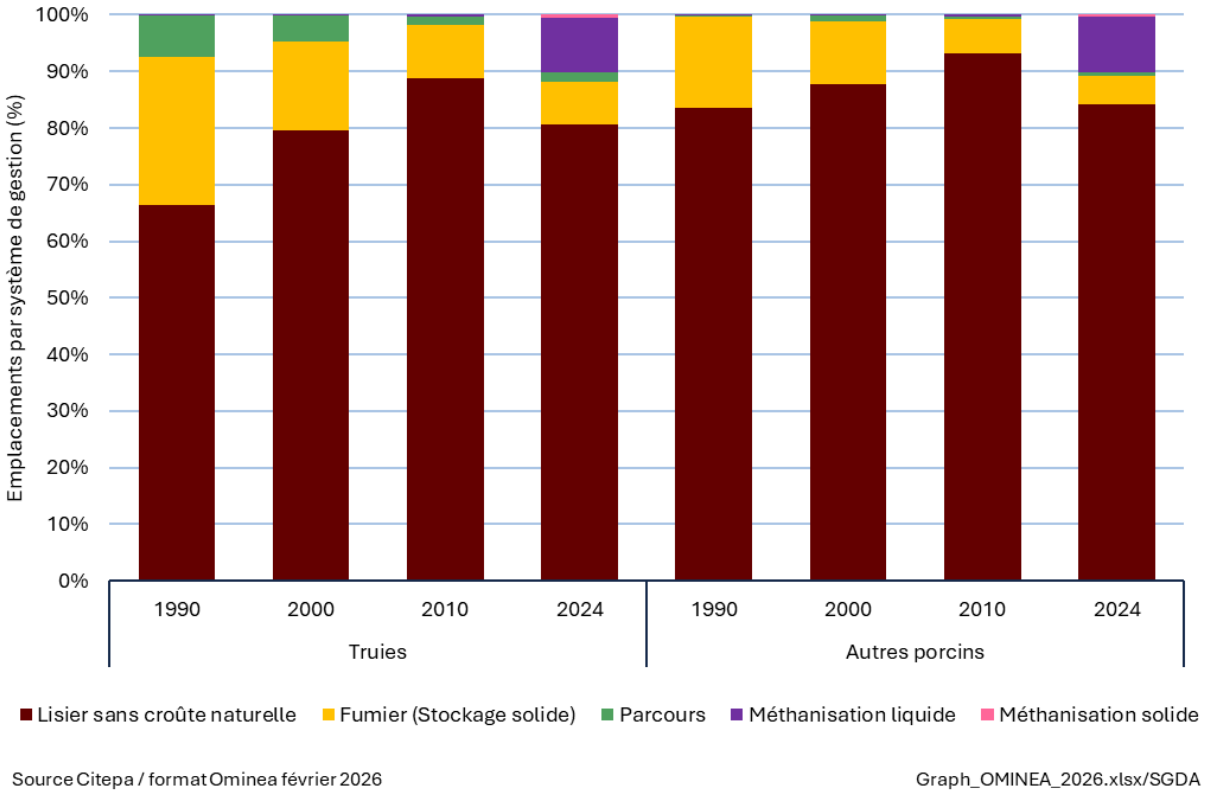


Figure 145 : Répartition des systèmes de gestion des déjections des porcins avec méthanisation (périmètre France hexagonale)

5.3.5.3 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 2023 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 « Sols agricoles ».

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_4^+). Cette minéralisation de l'azote varie fortement en fonction de la nature des intrants.

Tableau 210 : Principales teneurs en azote des intrants méthanisés

Catégorie d'intrant	Description	Teneur en azote (gN/kgMB)	Source
CIVE	Cultures intermédiaires à vocation énergétique	7,0	EMEP 2019
Résidus de cultures	Paille	5,1	EMEP 2019
Cultures dédiées	Moyenne des valeurs ensilage de maïs et ensilage d'herbe	7,0	EMEP 2019
Déchets verts		3,1	
Déchets végétaux des IAA	Déchets d'industries du sucre, de biscuiterie, ou de transformation de fruits et légumes…	5,1	EMEP 2019
Déchets animaux des IAA	Déchets d'abattoirs et industries de transformation de la viande et du lait	5,1	EMEP 2019
Biodéchets	Biodéchets	2,3	Hypothèse nationale sur les types de déchets et leur teneur en azote
DMA	Déchets ménagers et assimilés, y.c. fraction fermentescible des ordures ménagères	1,3	
Boues de STEP urbaine	Boues issues de station d'épuration	6,6	
Autres substrats	Industries non alimentaires (papeterie, chimie…)	9,1	Methasim

5.3.6 Excrétions azotées

Les facteurs d'excrétion azotée (Fex) 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'usagers, 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 « Gestion des déjections animales - 3.B ».

5.3.6.1 Pour les bovins

Les facteurs d'excrétion azotée (Fex) 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 :

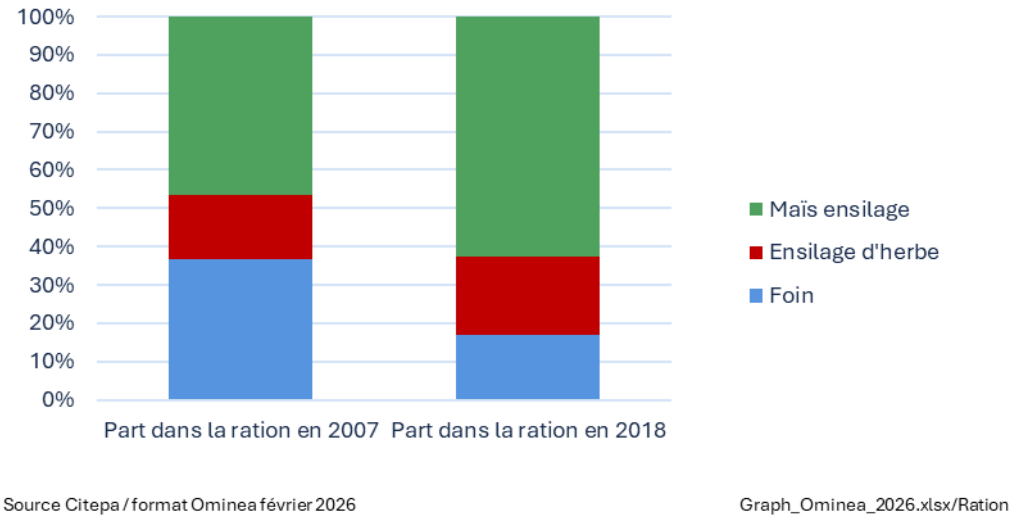


Figure 146 : Evolution de la part de différents fourrages dans la ration moyenne des vaches laitières, hors pâture

Tableau 211 : 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 CRT/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.

5.3.6.2 Pour les porcins

Les facteurs d'excrétion azotée (Fex) 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 biphase. L'évolution du nombre d'animaux en biphase 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 Fex définis sur la période, deux approches distinctes sont appliquées :

- l'approche « cheptel » pour les truies et verrats : les Fex 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 France hexagonale et les DOM (correspondant au périmètre UE), en séparant les catégories suivantes : coches 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 saisie 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 saisie 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 excrétions 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 Fex post-sevrage par rapport à la somme des Fex 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.

5.3.6.3 Pour les volailles

Les facteurs d'excrétion azotée (Fex) 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 excrétions azotées 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 rôtir, 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 = Σ (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 212 : 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

Catégorie SAA	Source de pondération	Mode de retraitement
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

5.3.6.4 Pour les ovins

Les facteurs d'excrétion azotée (Fex) 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 engraissé (après sevrage). Trois systèmes de production d'agneaux engraissés 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 en kgN/animal/jour:

$$N_{consommation} = \frac{EB}{18{,}45} \times \frac{PB\%}{100/6{,}25}$$

Avec : *EB : Energie brute ingérée (MJ/animal/jour) ;*
PB% : teneur en protéines brutes dans la ration ;
$N_{consommation}$: quantité d'azote consommée quotidiennement par l'animal (kgN/animal/jour).

L'énergie brute ingérée pour les béliers est tirée du projet MONDFERENT II mené par l'Inra et décrit en section « Fermentation entérique – 3A ». 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 $N_{consommation}$ (kgN/animal/jour) est ensuite multiplié par 365 pour obtenir les quantités annuelles d'azote consommées ($N_{conso_annuelle}$). Enfin, l'équation 10.31 du Giec 2006 [656] est appliquée pour estimer la quantité d'azote excrétée sur l'année par l'animal :

$$N_{ex} = N_{conso_annuelle} \times (1 - N_{retention})$$

Avec : $N_{conso_annuelle}$ *= Quantité d'azote consommée par an (kgN/animal/an) ;*

$N_{retention}$ *=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) ;*

Nex = Quantité annuelle d'azote excrétée

Le Fex 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 Fex rapportés pour la catégorie « ovins » varient au cours du temps en fonction des effectifs de chacune des sous-catégories pour l'année considérée.

5.3.6.5 Pour les caprins

Les facteurs d'excrétion azotée (Fex) 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 engraissés. 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 :

$$N_{consommation} = \frac{EB}{18{,}45} \times \frac{PB\%}{100/6{,}25}$$

Avec : *EB : Energie brute ingérée (MJ/animal/jour) ;*
PB% : teneur en protéines brutes dans la ration ;
$N_{consommation}$: quantité d'azote consommée quotidiennement par l'animal (kgN/animal/jour).

L'énergie brute ingérée pour les boucs est tirée du projet MONDFERENT II mené par l'Inra et décrit en section « Fermentation entérique – 3A ». 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 Nconsommation (kgN/animal/jour) est ensuite multiplié par 365 pour obtenir les quantités annuelles d'azote consommées (Nconso_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 :

$$\mathrm{N}_{ex} = N_{conso_annuelle} \times (1 - N_{retention})$$

Avec : *$N_{conso_annuelle}$ = Quantité d'azote consommée par an (kgN/animal/an) ;*
$N_{retention}$ =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) ;
N_{ex} = Quantité annuelle d'azote excrétée

Le Fex retenu pour la catégorie « autres caprins (y compris boucs) » est calculé en pondérant la valeur pour les chevreaux engraissés, 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 Fex rapportés pour la catégorie « caprins » varient au cours du temps en fonction des effectifs de chacune des sous-catégories pour l'année considérée.

5.3.6.6 Pour les équins

Les facteurs d'excrétion azotée (Fex) 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 (200 kg),
- Sports et loisirs – poney CD (200 kg),
- 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 Fex 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].

5.3.6.7 Pour les lapines reproductrices

Les facteurs d'excrétion azotés (Fex) sont issus des travaux de Aubert et Coutelet [655] et correspondent aux lapines et à leurs suites.

5.3.6.8 Récapitulatif des références pour l'excrétion azotée

Le tableau suivant récapitule les différentes sources des Fex par catégorie animale de la SAA :

Tableau 213 : 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'alimentatoin biphase (enquêtes)
Truies de 50 kg et plus	RMT + Evolution de l'alimentation biphase (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'alimentatoin biphase (enquêtes)
Chevrettes	IDELE 2016
Chèvres (femelles ayant mis bas)	IDELE 2016
Autres caprins (y compris boucs)	IDELE 2016 + MONDFERENT II
Agnelles	IDELE 2016

Catégorie SAA	Descriptif rapide
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 couver	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 Fex suivants sont obtenus pour la France hexagonale, par catégorie animale détaillée :

Tableau 214 : Evolution des Fex en France hexagonale par catégorie animale détaillée (kg N/tête/an)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2024
Vaches laitières	104,2	107,5	108,5	110,9	112,7	114,8	116,0	118,7
Vaches nourrices	107,3	107,4	107,9	107,6	107,5	108,0	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	69,0
Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	67,0	67,0	67,3	67,0	66,9	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	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	78,5
Mâles de type viande de plus de 2 ans	77,8	77,9	78,3	77,9	77,7	77,8	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	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	51,1
Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	40,7	40,7	40,8	40,6	40,5	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	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	56,2
Veaux de boucherie	12,6	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	26,8
Autres mâles de moins de 1 an	27,6	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	0,0
Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	3,8	4,1	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,5

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2024
Truies de 50 kg et plus	24,6	24,6	22,4	21,5	21,0	20,7	20,7	20,7
Verrats de 50 kg et plus	24,6	24,6	22,4	21,5	21,0	20,7	20,7	20,7
Porcs à l'engrais (>30kg)	13,0	14,2	13,9	13,1	12,8	12,3	12,0	12,9
Chevrettes	7,6	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	17,2
Autres caprins (y compris boucs)	9,1	9,1	9,1	9,1	9,5	10,1	10,7	10,7
Agnelles	7,9	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	12,8
Brebis mères laitières (y c. réforme)	17,1	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	5,3
Chevaux de selle, sport, loisirs et course	50,0	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	70,8
Anes, mulets, bardots	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Poules pondeuses d'œufs à couver	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
Poules pondeuses d'œufs de consommation	0,8	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	0,4
Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Canards à gaver	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,5	0,3	0,3
Canards à rôtir	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3
Dindes et dindons (au 1er octobre)	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,3	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	0,2	0,2	0,2
Cailles d'élevage	0,2	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	7,5

Le tableau suivant présente les Fex par catégorie animale agrégée au périmètre UE :

Tableau 215 : Evolution des Fex au périmètre UE par catégorie animale agrégée (kg N/tête/an)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2024
Vaches laitières	104,2	107,5	108,5	110,9	112,7	114,8	116,0	118,7
Autres bovins	57,3	59,1	58,8	59,1	59,6	59,6	60,0	60,3
Truies	24,6	24,6	22,4	21,5	21,0	20,7	20,7	20,7
Autres porcins	8,5	9,3	9,1	8,8	8,7	8,6	8,4	9,0
Caprins	14,6	14,5	14,4	14,4	14,4	14,4	14,3	14,5
Ovins	10,7	11,0	11,1	11,0	11,2	11,3	11,3	11,4
Chevaux	54,2	53,3	52,9	52,6	52,5	52,6	52,5	52,3
Mules et ânes	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
Poules	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Poulets	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Autres volailles	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
Lapines reproductrices	8,1	8,1	7,7	7,5	7,3	7,5	7,5	7,5

5.3.7 Excrétions carbonées

L'excrétion carbonée des animaux est utilisée pour estimer les émissions de CH_4 liées à la gestion des déjections. Le paramètre représentant cette excrétion est noté SV pour Solides Volatiles. Les méthodes d'estimation varient selon les catégories animales.

5.3.7.1 Vaches laitières

La méthode d'estimation détaillée est disponible en annexe « A.2 Fermentation entérique des vaches laitières et estimation du SV »).

L'excrétion carbonée des vaches laitières est estimée au niveau des anciennes régions, selon une méthode nationale produite par l'Inrae et publiée dans la revue « Journal of Environmental Management » (Eugene, et al (2019) [986]). Cette méthode permet d'estimer de manière cohérente le méthane entérique et le SV. Le paramètre SV est divisé en deux parties :

SV = SV fèces + SV urine

Le paramètre SV fèces est représenté dans la méthode nationale par la Matière Organique Non Digestible Ingérée (MONDI) :

SV fèces = MONDI = MOI – MODI

Avec : MOI = Matière Organique Ingérée (kg/jour) ;
MODI = Matière Organique Digestible Ingérée (kg/jour)

La matière organique ingérée et la matière organique digestible ingérée sont estimées à partir des besoins des vaches laitières, évalués selon la méthode Inrae [1315], et des données sur les rations issues d'un document du Cniel [1316]. La méthode, via les différentes équations mobilisées, permet également de tenir compte des interactions digestives.

Le paramètre SV urine est estimé selon l'équation proposée dans le Giec, à partir de l'énergie brute intégrée :

SV urine = (0,04 x EB) x (MO / 1000 / 18,45)

Avec : EB = Energie Brute ingérée (MJ/jour) ;
MO = teneur en matière organique de la ration (g/kg MS)

L'énergie brute ingérée découle de la matière sèche ingérée et de la teneur en énergie de la ration, variables estimées à partir des mêmes données que celles mentionnées pour la MOI et la MODI.

L'excrétion carbonée totale obtenue varie au cours du temps et selon les régions.

5.3.7.2 Autres bovins

La méthode d'estimation détaillée est disponible en annexe « A.3 Fermentation entérique des autres bovins et estimation du SV ».

Pour les autres bovins, les valeurs du paramètre SV sont issues du projet Mondferent I [508, 509]. Le projet Mondferent I a permis d'estimer, par sous-catégorie bovine, les quantités de Matière Organique Digestible Ingérées (MODI) utilisées pour calculer le CH_4 entérique. Les données de rationnement moyen à l'échelle nationale [657] combinées avec les caractéristiques moyennes des aliments tirées des tables rouges de l'INRA [658], permettent également de calculer les quantités de Matière Organique Non Digestible Ingérée (MONDI), grâce à un ratio MONDI/MODI calculé par type de production (lait/viande) et par mode d'alimentation (auge/pâturage). Ce ratio MONDI/MODI est appliqué à la MODI pour obtenir la MONDI. La MONDI ainsi calculée correspond aux fèces (MONDI fèces), et ne tient pas compte de la MONDI des urines (MONDI urines).

Contrairement au Giec 2019, la méthode Mondferent I est fondée sur l'utilisation de la Matière Organique Non Digestible et non des énergies. Dans la méthodologie Mondferent I, l'hypothèse est faite que la matière organique contenue dans les urines n'émettra que très peu de CH_4 : le SV urine est alors négligé dans les calculs. Des recherches complémentaires sont à effectuer pour estimer les potentiels méthanogènes de la matière organique contenue dans les urines. On obtient donc :

SV = SV fèces + SV urine, avec SV fèces = MONDI fèces et SV urine = 0

Les SV calculés sont constants dans le temps pour les 14 catégories animales d'autres bovins, et sont listés plus bas (tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV »). Cependant, il est important de noter que du fait de la variation annuelle des effectifs de ces catégories animales, le paramètre SV pour la catégorie agrégée « autres bovins » peut varier annuellement.

5.3.7.3 Porcins

Pour les porcins, les valeurs du paramètre SV sont issues du projet Mondferent II [966], qui propose des valeurs pour les porcelets en post sevrage (entre 8kg et 30kg), les porcs à l'engrais (>30kg) et les truies. Le SV des porcelets non sevrés (<8kg) est égal à 0 car on considère qu'il est déjà pris en compte dans celui des truies.

La méthodologie appliquée est celle développée par Rigolot et al [793]. Dans cette méthode, le SV est assimilé à la matière organique excrétée (OM excreted). Ce paramètre est estimé à partir de l'ingestion de matière organique et de la digestibilité associée. L'ingestion de matière organique est calculée à partir d'une ration alimentaire moyenne et d'une teneur moyenne en matière organique de la ration. La matière organique excrétée correspond à la fraction non digérée de la matière organique. L'équation suivante est appliquée :

OM excreted (kg/tête) = Aliment x [(FeedOM1) x (1-dOM1) x Prop1 + (FeedOM2) x (1-dOM2) x Prop2]

Avec : Aliment = quantité d'aliment ingérée au cours de la vie de l'animal (kg/tête) ;

FeedOM1 et FeedOM2: teneur moyenne en matière organique des aliments (kg/kg) ;

dOM1 et dOM2 : digestibilité de la matière organique des aliments ;
Prop1 et Prop2 : répartition entre les deux aliments

Le paramètre Aliment (kg/animal) pour les porcins (post-sevrage et engraissement) provient des documents de Gestion Technico-économiques publiés chaque année par l'IFIP jusqu'en 2016 [505]. 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. Pour les truies, ce paramètre est fixe dans le temps et provient du projet Mondferent II.

Les teneurs en matière organique des aliments sont fixes dans le temps mais sont distinguées selon le mode d'alimentation : standard ou biphase. Elles ont été formulées à dires d'experts dans le projet Mondferent II. Dans la formule ci-dessus, les paramètres FeedOM1 ; dOM1 ; Prop1 ; FeedOM2 ; dOM2 et Prop2 sont non nuls pour l'alimentation biphase. En revanche, pour l'alimentation standard, seuls les paramètres FeedOM1 ; dOM1 et Prop1 sont non nuls. La part des animaux gérés en alimentation biphase est connue grâce aux enquêtes bâtiments d'élevage 2001, 2008 (voir section « Systèmes de gestion des déjections animales ») et grâce à l'enquête pratiques d'élevage 2015 [980].

Pour les catégories porcelets en post sevrage (entre 8kg et 30kg) et les porcs à l'engrais (<30kg), le paramètre SV (OM excreted) ainsi calculé évolue dans le temps du fait de l'évolution du paramètre Aliment et de la proportion d'animaux en biphase sur la période. Pour les truies, l'évolution est liée à la proportion d'animaux en biphase sur la période.

Pour calculer le SV final à appliquer à ces deux sous-catégories porcines, l'approche mise en place est l'approche production. Cette approche est jugée plus pertinente car les SV sont exprimés par tête, et ces animaux vivant moins d'un an, il est plus réaliste d'utiliser des données de productions que de cheptels. Les données d'abattages bruts sont fournies par la Statistique Agricole Annuelle (SAA) publiée par le SSP [410]. Elles présentent les productions totales pour la France hexagonale et les DOM (correspondant au périmètre UE). Ces données sont ensuite corrigées pour tenir compte des taux de pertes et saisies, publiés chaque année par l'IFIP au sein de ses documents de Gestion Technico-économiques jusqu'en 2016 [505]. 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 SV du projet MONDFERENT II sont appliqués à ces données de productions corrigées. Les quantités totales de SV excrétées ainsi calculées sont ensuite utilisées pour recalculer un SV moyen en rapportant ces quantités aux populations tirées de la SAA [410] et retravaillées par le Citepa (voir section « Agriculture | Introduction »).

Faute de données spécifiques aux verrats, le SV des truies leur est attribué. Cela pourra évoluer à l'avenir pour être plus représentatif de cette catégorie.

Les SV calculés sont listés plus bas (tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV »). En plus des variations annoncées plus haut, du fait de la variation annuelle des effectifs de la sous-catégorie « Autres porcins », le SV pour la catégorie agrégée varie annuellement.

5.3.7.4Ovins et Caprins

Pour les ovins et les caprins, le SV est estimé à partir des travaux Mondferent II [796,797]. La méthodologie est décrite en section « Fermentation entérique – 3A ».

Pour rappel, le projet Mondferent II a permis d'estimer, par sous-catégorie animale, les quantités de Matière Organique Digestible Ingérées (MODI) utilisées pour calculer le CH_4 entérique. Les sous-catégories étudiées sont les suivantes :

- Ovins : brebis laitières, brebis allaitantes, agnelles laitières, agnelles allaitantes, agneaux de race rustique, béliers.
- Caprins : chèvres laitières, chevrettes, chevreaux, boucs.

A partir des types et ingrédients des rations, des niveaux d'ingestion et des besoins en nutriments, la Matière Sèche Ingérée (MSI) et la Matière Organique de la ration (MO) sont estimées. Puis, la Matière Organique Non Digestible Ingérée (MONDI) des fèces, correspondant au SV fèces, est obtenue de la façon suivante :

SV fèces = MONDI (kg) = MSI x MO / 1000 - MODI

Avec : *MSI = Matière Sèche Ingérée (kg) ;*
MO = Matière Organique (g/kg MSI) ;
MODI = Matière Organique Digestible Ingérée (kg)

Pour ce projet, l'objectif était d'être le plus possible en cohérence avec les lignes directrices du Giec 2006 (cohérentes sur ce point avec le Giec 2019), et l'hypothèse a été faite que la matière organique des urines est également émettrice de CH_4. Le SV urine est obtenu de la façon suivante :

SV urine (kg) = MSI x MO / 1000 x EU/EB

Avec : *MSI = Matière Sèche Ingérée (kg) ;*
MO = Matière Organique (g/kg MSI) ;
EU/EB : rapport entre l'énergie urinaire et l'énergie brute

Le rapport EU/EB est calculé selon l'équation suivante, provenant de Sauvant et Giger-Reverdin (2009) [794] :

EU/EB = 5,7 - 0,71 NI

Avec : *NI = niveau d'ingestion*

Les SV fèces et SV urine sont sommés pour obtenir le SV total.

Les SV calculés sont constants dans le temps pour les sous-catégories d'ovins et de caprins.

Pour mettre en cohérence les catégories animales étudiées dans Mondferent II avec les catégories animales de la SAA, des pondérations ont été faites à partir des effectifs différenciés fournis dans Vermorel et al. [362] pour l'année 2007 et dans le recensement agricole [1249] pour l'année 2020 :

- Catégorie « agnelles » de la SAA : pondération entre agnelles laitières et allaitantes ;
- Catégorie « autres ovins » de la SAA : pondération entre agneaux et béliers ;
- Catégorie « autres caprins » de la SAA : pondération entre chevreaux et boucs.

Les pondérations sont appliquées de la façon suivante sur la période : utilisation de la pondération 2007 de 1990 à 2007 ; utilisation de la pondération 2020 à partir de l'année 2020 ; interpolation des données pour les années 2008-2019.

Ces facteurs par sous-catégorie sont listés plus bas (tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV »). Du fait de la variation annuelle des effectifs de ces sous-catégories animales, les SV pour les catégories agrégées « ovins » et « caprins » varient annuellement.

5.3.7.5Autres animaux

Pour les équins, l'équation 10.22A issue du Giec 2019 a été appliquée. Les valeurs suivantes ont été retenues pour les différents paramètres nécessaires au calcul :

Tableau 216 : Paramètres utilisés pour l'estimation des SV des équins

Catégorie SAA	Paramètre	Source	Valeur
Chevaux de selle, sport, loisirs et course	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Western Europe	5,65 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	Retraitement des données Idele [983]	479 kg
Chevaux lourds	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Western Europe	5,65 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	Retraitement des données Idele [983]	700 kg
Anes, mulets, bardots	Taux SV (VS rate)	Giec 2019	7,2 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	Retraitement des données William MARTIN-ROSSET [473]	176 kg

Les SV obtenus sont listés plus bas (tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV »).

Pour les volailles, l'estimation du SV faisait partie des objectifs visés par le projet Mondferent II. Lors de ce projet, des équations spécifiques ont été établies pour les

volailles, en utilisant la digestibilité de l'énergie en première approche de la digestibilité de la matière organique. Dans les conclusions du projet, il n'est pas conseillé d'utiliser les résultats du projet car il est indiqué que la digestibilité de l'énergie ne reflète pas si bien la digestibilité de la matière organique, et les équations proposées conduiraient à une surestimation des SV. Il est de plus indiqué qu'il faudrait pouvoir recalculer ces excrétions carbonées en utilisant la digestibilité réelle de la matière organique, pour améliorer les estimations de ce paramètre.

Ainsi, le choix a été fait ici d'appliquer plutôt l'équation 10.22A issue du Giec 2019. Les poids vifs moyens pour chacune des sous catégories sont issus de différentes sources de données :

- les données d'abattages issues des statistiques Agreste [410] qui fournissent des poids moyens à l'abattage en kg carcasse/tête ;
- les données Itavi de performances techniques [1255] [1256] [1257] qui fournissent des poids de poules de réforme et des poids vif à l'enlèvement ;
- le rapport final Itavi/Ademe pour les poulets de chair [801] qui fournit des poids vifs finaux (kg/animal) pour les poulets export et lourd ;
- les données Corpen 2006 et 2012 [504] utilisées pour estimer l'excrétion azotée en volailles, qui fournissent des poids moyens à l'abattage.

Pour les poules pondeuses, on considère que le poids à la réforme correspond au poids vif moyen sur la durée d'élevage. Pour les autres productions, le poids vif moyen est estimé en divisant le poids à l'enlèvement par deux.

Les valeurs données dans le tableau suivant pour les poids présentent la plage de valeurs 1990-2024 :

Tableau 217 : Paramètres utilisés pour l'estimation des SV des volailles

Catégorie SAA	Paramètre	Source	Valeur
Poules pondeuses d'œufs à couver	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Western Europe	8,6 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	Hypothèse d'équivalence avec les poules pondeuses d'œufs de consommation	1,99 kg – 1,76 kg
Poules pondeuses d'œufs de consommation	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Western Europe	8,6 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	2016 – 2019 : poids des poules de réforme [1255] Pour le reste de la période : évolution indexée sur la variation des poids moyens à l'abattage [410]	1,99 kg – 1,76 kg
Poulettes	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Western Europe	5,3 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	1990-2006 : poids moyens à l'abattage de l'année 2006 [504] divisés par deux ;	0,78 kg – 0,92 kg

Catégorie SAA	Paramètre	Source	Valeur
		2012-année en cours : poids moyens à l'abattage de l'année 2012 [504] divisés par deux ; 2007-2011 : interpolation linéaire	
Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Western Europe	16,1 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	2016 – 2020 : poids vifs à l'enlèvement [1256] [1257] et poids vifs finaux [801] divisés par deux. Pour le reste de la période : évolution indexée sur la variation des poids moyens à l'abattage [410]	0,90 kg – 1,04 kg
Canards à gaver	Taux SV (VS rate)	Giec 2019	7,4 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	2019 – 2020 : poids vifs à l'enlèvement [1258] divisés par deux. Pour le reste de la période : évolution indexée sur la variation des poids moyens à l'abattage [410]	1,99 kg – 1,89 kg
Canards à rôtir	Taux SV (VS rate)	Giec 2019	7,4 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	2016 – 2020 : poids vifs à l'enlèvement [1256] divisés par deux. Pour le reste de la période : évolution indexée sur la variation des poids moyens à l'abattage [410]	1,93 kg – 2,23 kg
Dindes et dindons (au 1er octobre)	Taux SV (VS rate)	Giec 2019	10,3 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	2016 – 2020 : poids vifs à l'enlèvement [1256] divisés par deux. Pour le reste de la période : évolution indexée sur la variation des poids moyens à l'abattage [410]	4,19 kg – 5,94 kg
Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Total « poultry » - Western Europe	12,3 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	1990-2006 : poids moyens à l'abattage de l'année 2006 [504] divisés par deux ; 2012-année en cours : poids moyens à l'abattage de l'année 2012 [504] divisés par deux ; 2007-2011 : interpolation linéaire	3,51 kg – 3,72 kg
Pintades	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Total « poultry » - Western Europe	12,3 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	2016 – 2020 : poids vifs à l'enlèvement [1256] divisés par deux. Pour le reste de la période : évolution indexée sur la variation des poids moyens à l'abattage [410]	0,82 kg – 0,95 kg
Cailles d'élevage	Taux SV (VS rate)	Giec 2019 – Total « poultry » - Western Europe	12,3 kg SV/1000 kg animal/jour
	Poids vif moyen	1990-2006 : poids moyens à l'abattage de l'année 2006 [504] divisés par deux ;	0,14 kg – 0,13 kg

Catégorie SAA	Paramètre	Source	Valeur
		2012-année en cours : poids moyens à l'abattage de l'année 2012 [504] divisés par deux ; 2007-2011 : interpolation linéaire	

Les SV ainsi estimés varient dans le temps par sous-catégorie animale, les plages 1990-2024 sont présentées dans le tableau « Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV » ci-dessous.

Pour les lapines et les cervidés d'élevage, le paramètre SV prend les valeurs par défaut fournies par le Giec 2019 [1229].

Tableau 218 : Récapitulatif des valeurs et méthodes d'estimation pour le SV

Catégorie animale		SV (kg SV/jour)	Provenance du SV
Vaches laitières		4,64 - 6,69	Mondferent I
Autres bovins	Vaches nourrices	2,86	Mondferent I
	Génisses laitières de renouvellement de plus de 2 ans	2,64	Mondferent I
	Génisses nourrices de renouvellement de plus de 2 ans	2,18	Mondferent I
	Génisses de boucherie de plus de 2 ans	2,55	Mondferent I
	Mâles de type laitier de plus de 2 ans	2,56	Mondferent I
	Mâles de type viande de plus de 2 ans	2,56	Mondferent I
	Génisses laitières de renouvellement de 1 à 2 ans	1,89	Mondferent I
	Génisses nourrices de renouvellement de 1 à 2 ans	1,81	Mondferent I
	Génisses de boucherie de 1 à 2 ans	2,07	Mondferent I
	Mâles de type laitier de 1 à 2 ans	2,31	Mondferent I
	Mâles de type viande de 1 à 2 ans	2,73	Mondferent I
	Veaux de boucherie	0,85	Mondferent I
	Autres femelles de moins de 1 an	0,82	Mondferent I
	Autres mâles de moins de 1 an	0,87	Mondferent I
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,00	Mondferent II
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,06 - 0,08	Mondferent II
	Verrats de 50 kg et plus	0,38 - 0,4	Mondferent II
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,21 - 0,25	Mondferent II
Truies de 50 kg et plus		0,38 - 0,4	Mondferent II
Caprins	Chevrettes	0,42	Mondferent II
	Chèvres (femelles ayant mis bas)	1,15	Mondferent II
	Autres caprins (y compris boucs)	0,46 - 0,54	Mondferent II
Ovins	Agnelles	0,39 - 0,4	Mondferent II
	Brebis mères allaitantes (y c. réforme)	0,63	Mondferent II
	Brebis mères laitières (y c. réforme)	1,04	Mondferent II
	Autres ovins (y compris béliers)	0,22 - 0,24	Mondferent II
Chevaux	Chevaux de selle, sport, loisirs et course	2,71	Giec 2019
	Chevaux lourds	3,96	Giec 2019
Mules et ânes	Anes, mulets, bardots	1,28	Giec 2019
Volailles	Poules pondeuses d'œufs à couver	0,017 - 0,015	Giec 2019
	Poules pondeuses d'œufs de consommation	0,017 - 0,015	Giec 2019
	Poulettes	0,004 - 0,005	Giec 2019
	Poulets de chair (y compris coqs et coquelets)	0,015 - 0,017	Giec 2019

	Canards à gaver	0,015 - 0,014	Giec 2019
	Canards à rôtir	0,014 - 0,016	Giec 2019
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	0,043 - 0,061	Giec 2019
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,043 - 0,046	Giec 2019
	Pintades	0,01 - 0,012	Giec 2019
	Cailles d'élevage	0,0017 - 0,0016	Giec 2019
Autres	Lapines reproductrices	0,10	Giec 2019

5.3.8 Zones climatiques

Dans le raffinement 2019 aux lignes directrices du Giec 2006, plusieurs facteurs d'émission sont distingués en fonction de la zone climatique dans laquelle ils se situent. Les zones climatiques sont définies par la carte des climats du Giec (Chapitre 3, Figure 3A.5.1, p 3.47 [1229]) et selon un schéma de classification (Chapitre 3, Figure 3A.5.2 p 3.48) prenant en compte plusieurs variables dont notamment les précipitations annuelles moyennes et l'évapotranspiration. Si les variables d'entrée de ce système de classification existent à un niveau plus fin au niveau français, les données ne sont pas accessibles gratuitement aussi le choix a été fait de retenir la carte des climats proposée par le Giec [1229] (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cette carte permet de distinguer les climats « humides » (moist climates) et « secs » (dry climates) utiles pour décliner le facteur d'émission du N_2O à l'épandage des engrais azotés notamment. Elle permet également une répartition entre climats selon les températures annuelles moyennes (cool temperate, warm temperate), utile pour décliner les facteurs d'émission de CH_4 du stockage des déjections. Une carte interactive est disponible à l'adresse suivante pour l'ensemble des pays du monde : https://abc-map.users.earthengine.app/view/next-ipcc-climate-zones

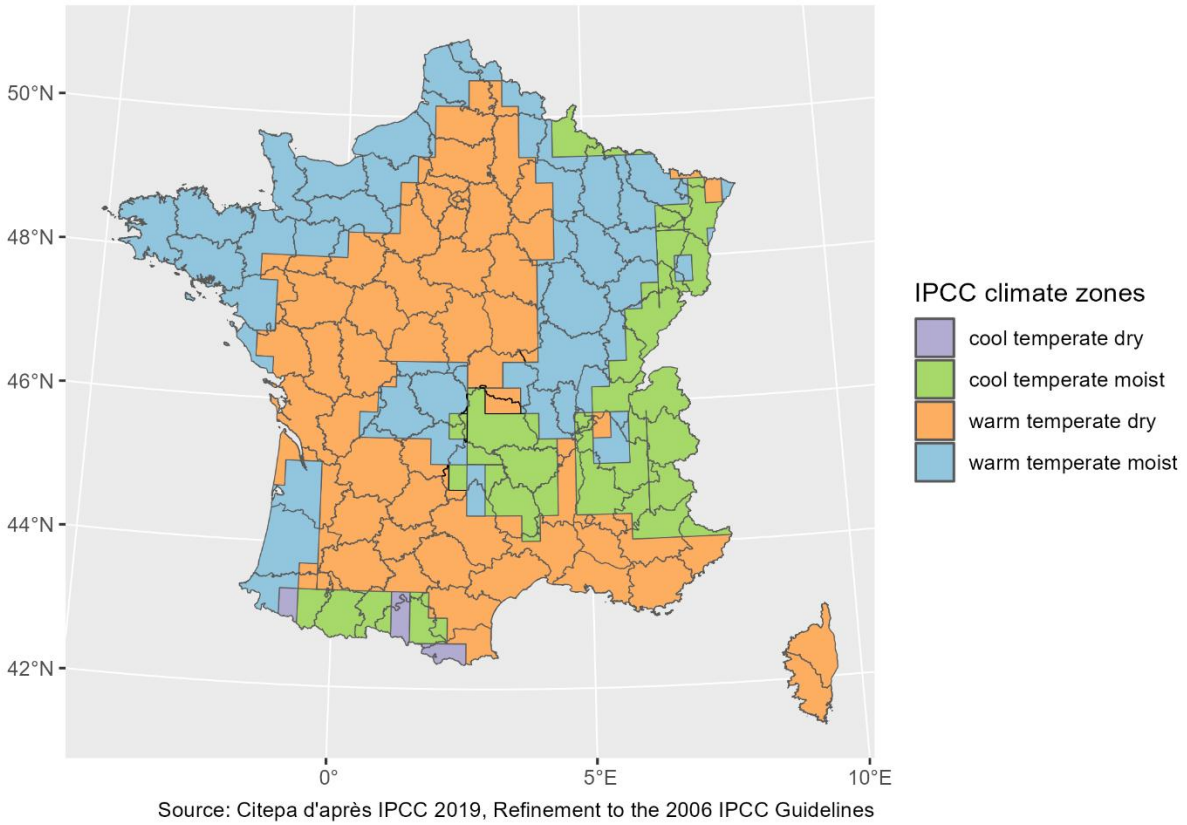


Figure 147. Carte des climats Giec 2019 centrée sur la France hexagonale

Les climats humides (moist climates) se rencontrent dans les zones tempérées et boréales où le rapport entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration potentielle est supérieur à 1, et dans les zones tropicales où les précipitations annuelles sont supérieures à 1 000 mm.

Les climats secs (dry climates) se rencontrent dans les zones tempérées et boréales où le rapport entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration potentielle est inférieur à 1, et dans les zones tropicales où les précipitations annuelles sont inférieures à 1 000 mm.

Les zones « warm temperate » correspondent à des zones où la température annuelle moyenne est supérieure à 10°C. Les zones « cool temperate » correspondent à des zones où la température annuelle moyenne est supérieure à 0°C mais inférieure ou égale à 10°C.

Sur la base de cette carte, une estimation de la répartition des surfaces agricoles selon ces quatre climats a été réalisée au niveau communal et est reportée au niveau régional ci-dessous. Pour la France hexagonale l'analyse a été réalisée par intersection de couches de données spatialisées (traitement SIG). Ainsi, on estime que 50.7 % de la France hexagonale se situe en climat humide et 49.3 % en climat sec selon la méthodologie du Giec (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau 219. Répartition des surfaces agricoles en hectares selon la zone climatique en France hexagonale en 2023

Hectares	Surfaces en climat "cool temperate dry"	Surfaces en climat "cool temperate moist"	Surfaces en climat "warm temperate dry"	Surfaces en climat "warm temperate moist"
Ile-de-France	0	0	607 702	0
Champagne-Ardenne	0	167 065	561 569	910 771
Picardie	0	0	1 050 348	333 884
Haute-Normandie	0	0	97 296	721 226
Centre	0	0	2 360 609	177 708
Basse-Normandie	0	0	30 748	1 342 561
Bourgogne	0	3	810 578	1 089 823
Nord-Pas-de-Calais	0	0	215 695	655 054
Lorraine	0	188 447	21 309	1 007 106
Alsace	0	249 841	39 565	74 067
Franche-Comté	0	373 305	0	342 291
Pays de la Loire	0	0	1 555 329	815 086
Bretagne	0	0	82 757	1 756 057
Poitou-Charentes	69	69	1 802 418	57 668
Aquitaine	45 774	78 279	1 037 313	421 558
Midi-Pyrénées	87 084	349 963	1 879 620	74 739
Limousin	344	35 715	163 699	712 154
Rhône-Alpes	0	728 095	209 364	622 379
Auvergne	0	812 538	444 923	299 507
Languedoc-Roussillon	14 979	161 496	667 121	0
Provence-Alpes-Côte d'Azur	0	130 065	454 562	0
Corse	0	0	60 306	0
France hexagonale	148 250	3 274 881	14 152 829	11 413 638

Tableau 220 : Répartition des surfaces agricoles en pourcentages selon la zone climatique en France hexagonale en 2023

%	Surfaces en climat "cool temperate dry"	Surfaces en climat "cool temperate moist"	Surfaces en climat "warm temperate dry"	Surfaces en climat "warm temperate moist"
Ile-de-France	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
Champagne-Ardenne	0.0%	10.2%	34.3%	55.6%
Picardie	0.0%	0.0%	75.9%	24.1%
Haute-Normandie	0.0%	0.0%	11.9%	88.1%
Centre	0.0%	0.0%	93.0%	7.0%
Basse-Normandie	0.0%	0.0%	2.2%	97.8%
Bourgogne	0.0%	0.0%	42.7%	57.3%
Nord-Pas-de-Calais	0.0%	0.0%	24.8%	75.2%
Lorraine	0.0%	15.5%	1.8%	82.8%
Alsace	0.0%	68.7%	10.9%	20.4%
Franche-Comté	0.0%	52.2%	0.0%	47.8%

%	Surfaces en climat "cool temperate dry"	Surfaces en climat "cool temperate moist"	Surfaces en climat "warm temperate dry"	Surfaces en climat "warm temperate moist"
Pays de la Loire	0.0%	0.0%	65.6%	34.4%
Bretagne	0.0%	0.0%	4.5%	95.5%
Poitou-Charentes	0.0%	0.0%	96.9%	3.1%
Aquitaine	2.9%	4.9%	65.5%	26.6%
Midi-Pyrénées	3.6%	14.6%	78.6%	3.1%
Limousin	0.0%	3.9%	18.0%	78.1%
Rhône-Alpes	0.0%	46.7%	13.4%	39.9%
Auvergne	0.0%	52.2%	28.6%	19.2%
Languedoc-Roussillon	1.8%	19.1%	79.1%	0.0%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	0.0%	22.2%	77.8%	0.0%
Corse	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
France hexagonale	0.5%	11.3%	48.8%	39.4%

Pour les territoires d'Outre-mer, une simple lecture graphique a été réalisée. Les climats rencontrés sont les suivants :

- cool temperate moist (cf. définition plus haut),
- tropical wet (température annuelle moyenne supérieure à 18°C, précipitations annuelles moyennes supérieures à 2000 mm),
- tropical moist (température annuelle moyenne supérieure à 18°C, précipitations annuelles moyennes supérieures à 1000 mm et inférieure ou égale à 2000 mm).

Tableau 221. Répartition des surfaces en pourcentages selon la zone climatique en Outre-Mer

%	Surfaces en climat "cool temperate moist"	Surfaces en climat "tropical wet "	Surfaces en climat "tropical moist"
Guadeloupe	-	100 %	-
Guyane	-	100 %	-
Martinique	-	100 %	-
La Réunion	-	-	100 %
Mayotte	-	-	100 %
Saint-Martin	-	-	100 %
Nouvelle-Calédonie	-	-	100 %
Polynésie française	-	-	100 %
Saint Pierre et Miquelon	100 %	-	-
Wallis et Futuna	-	100 %	-

5.3.9 Carte des pH du sol

Le pH des sols a une influence sur les émissions de NH_3 liées à la fertilisation minérale. Le pH du sol a également un effet sur les émissions de N_2O mais cela n'est pour le moment pas pris en compte. Afin de refléter les effets contrastés des apports azotés minéraux sur les sols en fonction de leur niveau d'acidité, une carte des pH du sol a été reconstituée sur la base des données cantonales de la BDAT sur les caractéristiques du sol [965].

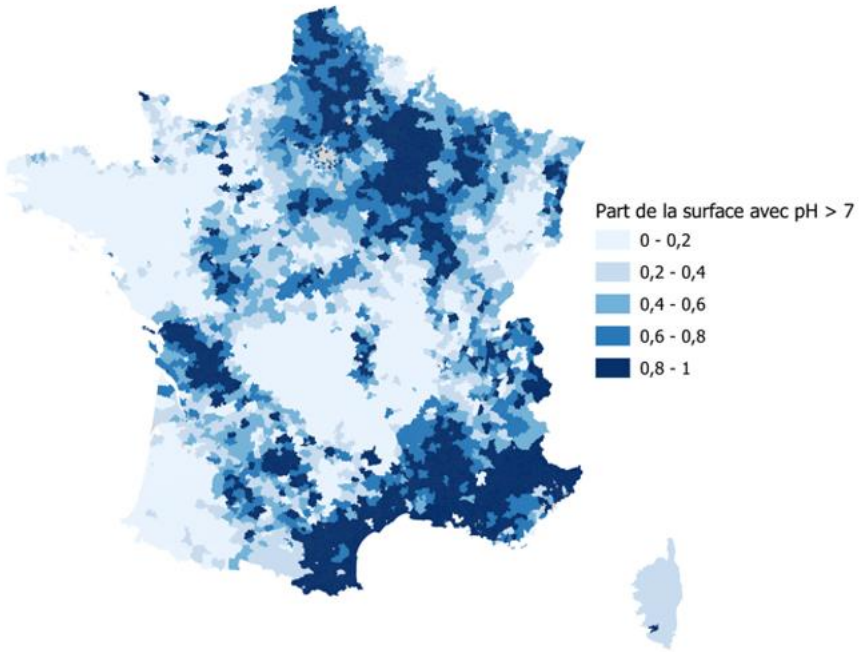


Figure 148. Part de la surface avec un pH supérieur à 7

5.3.10 Clé de répartition infranationale des apports d'azote minéraux

Les apports d'engrais minéraux par commune ont été estimés afin de pouvoir décliner le facteur d'émission du N_2O (FE1) selon la zone climatique du Giec et le facteur d'émission du NH_3 selon le pH du sol. Le suivi spatialisé de l'azote s'avérant utile pour le suivi des émissions la méthodologie de répartition des apports régionaux d'engrais minéraux est détaillée dans cette section « Agriculture | Introduction ».

Le service statistique du Ministère de l'Agriculture (SSP) collecte ponctuellement les données sur la fertilisation en France à partir des enquêtes pratiques culturales [485]. Plusieurs enquêtes ont été conduites, sur différents périmètres :

- Grandes cultures : 2001, 2006, 2011, 2017, 2021 ;
- Prairies : 2001, 2006, 2011, 2017 ;
- Viticulture : 2006, 2013.

Ces enquêtes fournissent des informations sur les niveaux de fertilisation azotée minérale par type de culture à l'échelle régionale. La répartition des apports par forme d'engrais et type de culture a également été récupérée à l'échelle régionale pour l'année 2011. Lorsque les données sont manquantes, la référence de la dernière année disponible est utilisée.

Les surfaces par culture à l'échelle communale sont reprises des données spatialement explicites d'occupation des sols estimées au sein de l'édition 2025 de l'inventaire [1385]. Les surfaces en agriculture biologique par type de culture sont reprises de l'agence bio [1387]. Sur cette base on estime une surface en agriculture conventionnelle par type de culture à la commune à laquelle on applique un niveau de fertilisation issu des enquêtes pratiques culturales.

Les apports azotés obtenus sont ensuite ajustés par optimisation sous contrainte pour correspondre aux apports totaux d'engrais minéraux estimés à partir des enquêtes de livraison Unifa. On obtient ainsi une répartition de l'azote minéral épandu par forme à l'échelle communale cohérente avec les données nationales.

En croisant les informations sur les climats, les pH et la répartition de la fertilisation minérale à l'échelle communale, il est possible d'estimer des apports annuels moyen à la commune par forme, climat et catégorie de pH. Cette répartition nous permet ainsi d'estimer de façon plus précise les émissions de N_2O et de NH_3.

5.3.11 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.

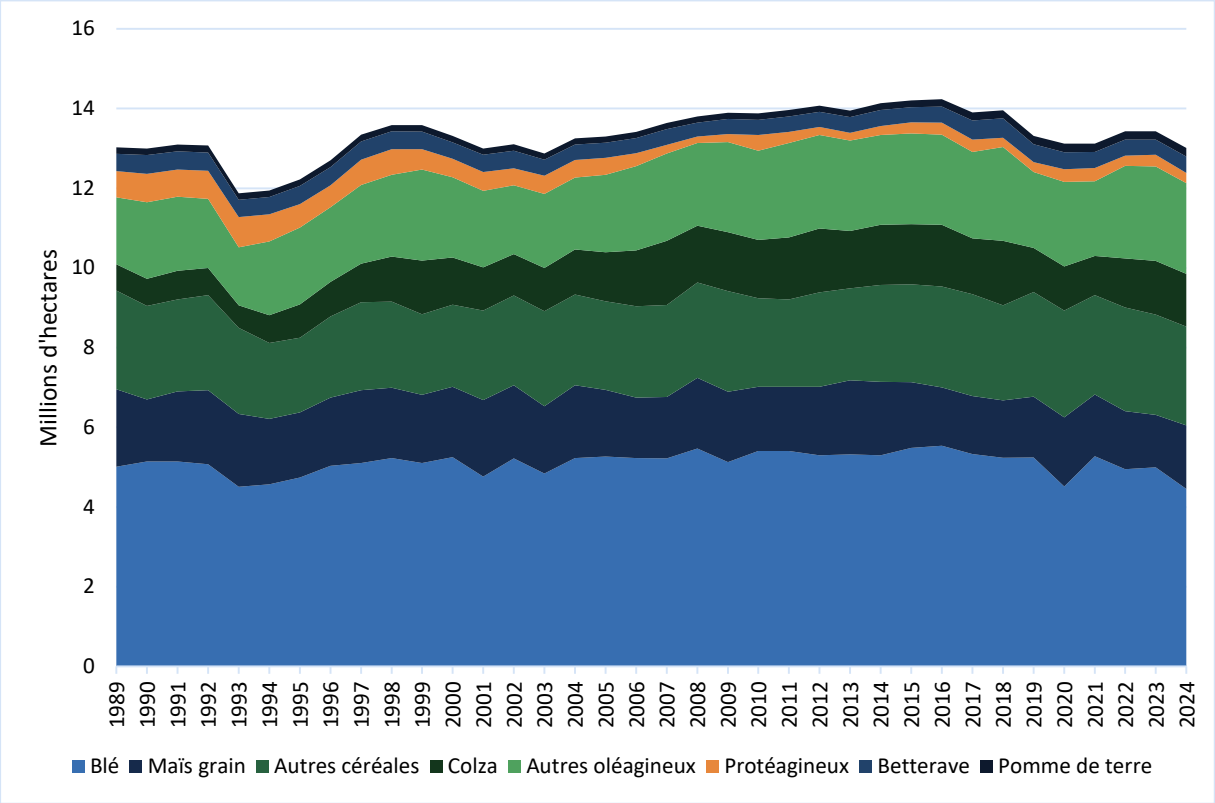


Figure 149 : Évolution des superficies cultivées des principales cultures en France hexagonale – Source : Agreste - SAA

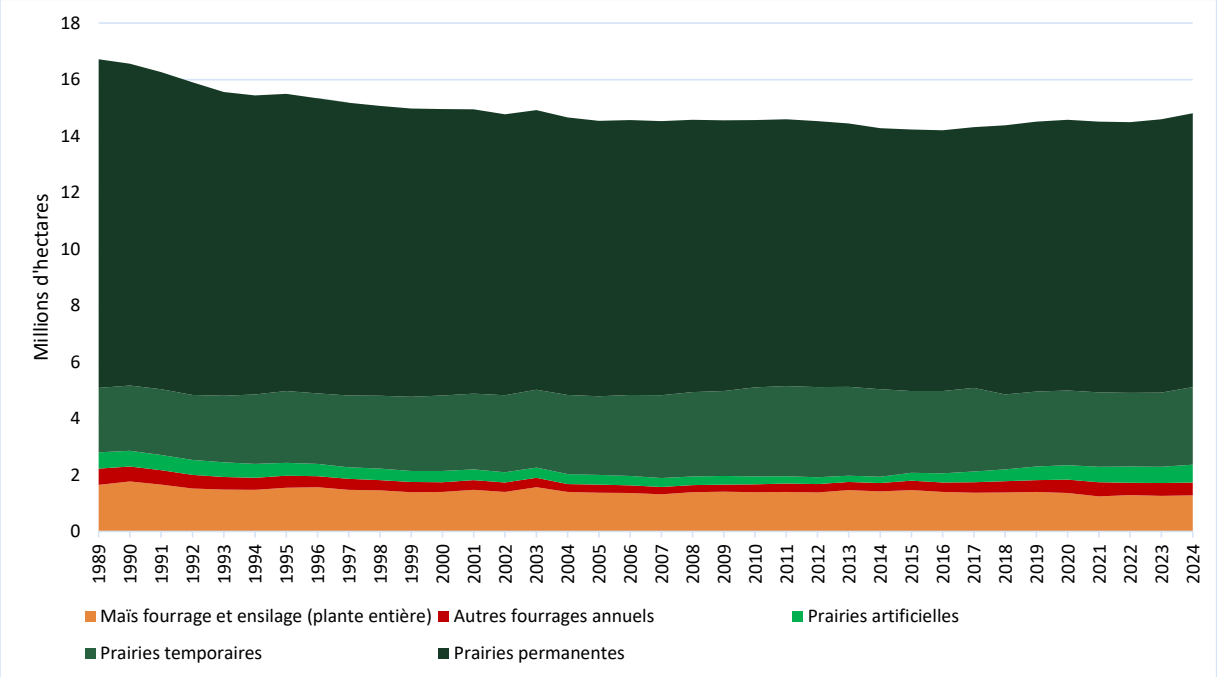


Figure 150 : Évolution des superficies fourragères en France hexagonale – Source : Agreste – SAA

5.3.12 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 en raison des précipitations automnales qui ont rendu les conditions de semis en céréales difficiles voire impossibles entrainant un étalement inédit des dates de semis, et la sécheresse record qui a ensuite sévi au printemps. Après un retour à des niveaux de production plus élevés sur la période 2021-2023, bien qu'en dents de scie, l'année 2024 se voit marquée par des conditions climatiques atypiques qui ont favorisé la croissance de l'herbe, mais la pluviométrie excessive a lourdement impacté les rendements céréaliers, avec une récolte au plus bas depuis quarante ans.

5.4 Gestion des déjections (NFR 3B)

5.4.1 Caractéristiques de la catégorie

Les effluents d'élevage sont des sources potentiellement importantes d'émissions (CH4, COVNM, N2O, NH3, NOx) 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_3

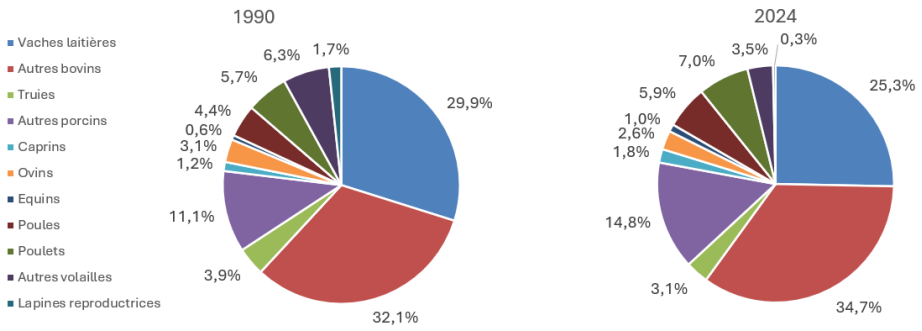


Figure 151: Répartition des émissions de NH_3 par grande catégorie animale en 1990 et 2024

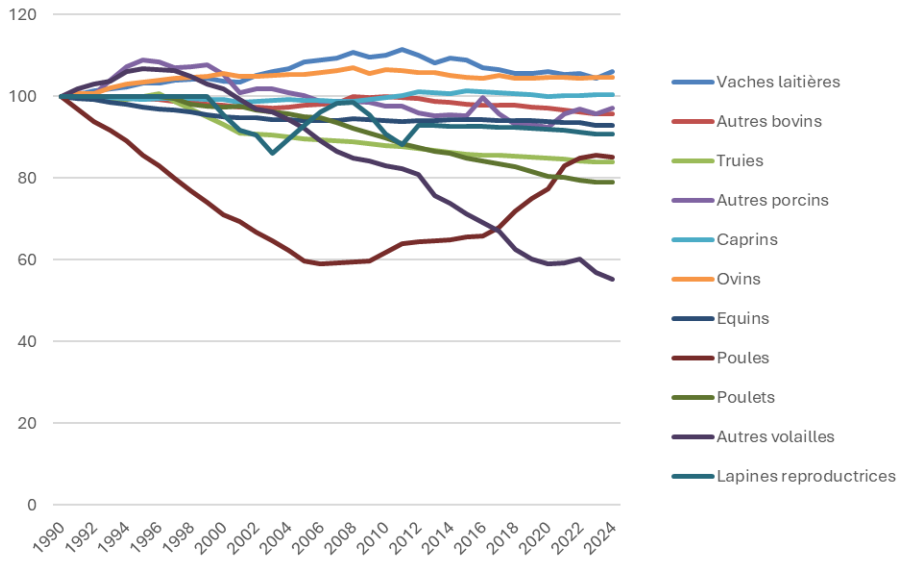


Figure 152 : Evolution du facteur d'émission moyen de NH_3 recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Les bovins restent, sur la période, la catégorie prépondérante pour les émissions de NH_3, 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, entrainant au global une baisse des émissions en vaches laitières.

Les porcins arrivent en seconde position des contributeurs aux émissions de NH_3, malgré une baisse du facteur d'émission moyen sur la période, à mettre en lien avec le développement de l'alimentation biphase 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_3 que les élevages en cage.

Emissions de NOx

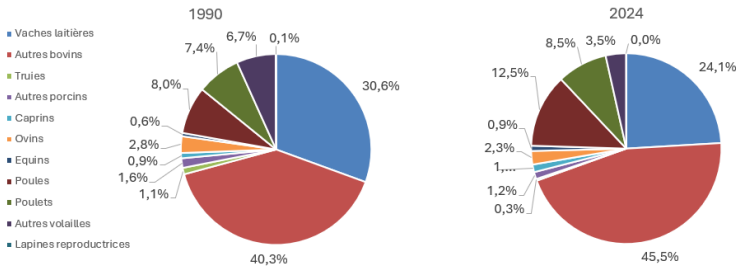


Figure 153 : Répartition des émissions de NOx par grande catégorie animale en 1990 et 2024

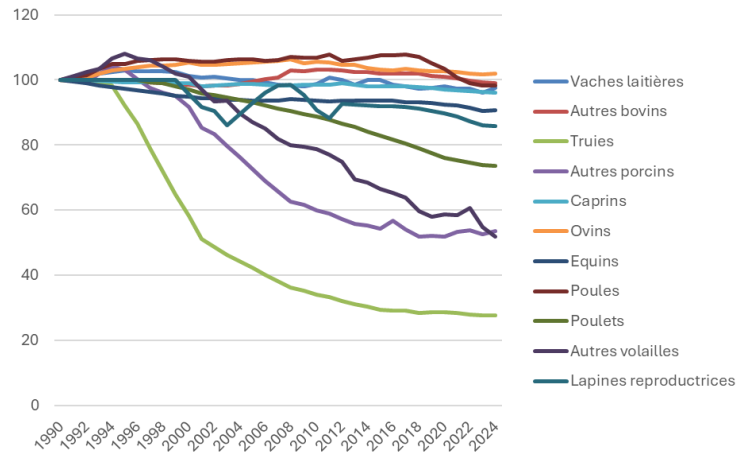


Figure 154 : Évolution du facteur d'émission moyen de NOx recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Comme pour les émissions de NH_3, 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_3 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_{10}

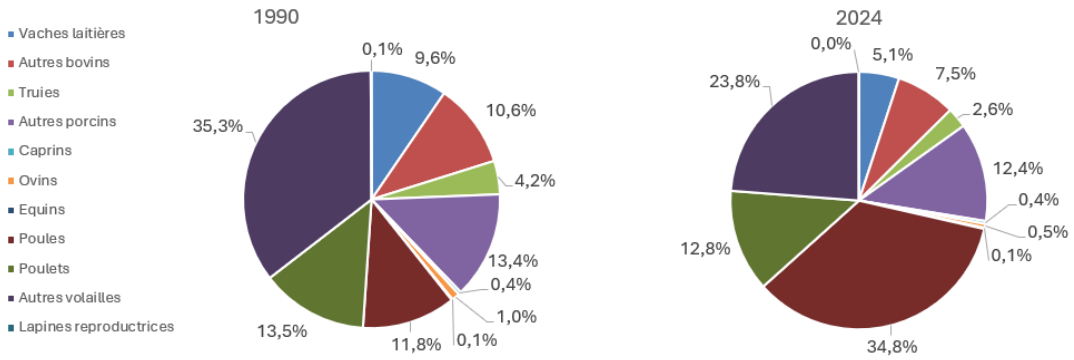


Figure 155 : Répartition des émissions de PM_{10} par grande catégorie animale en 1990 et 2024

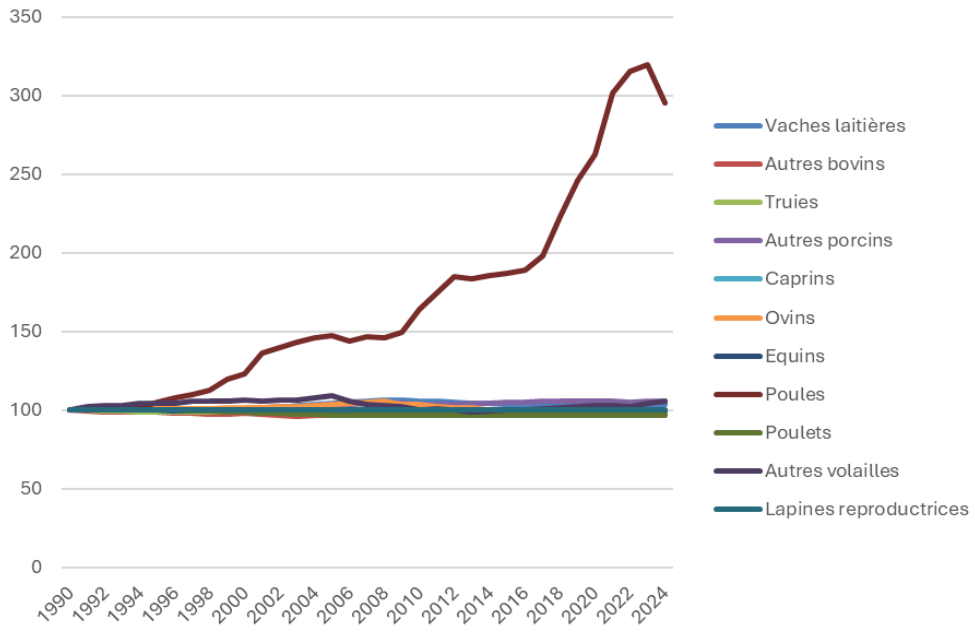


Figure 156: Evolution du facteur d'émission moyen de PM_{10} recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Pour les PM_{10}, 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_{10}, malgré la mise en place progressive dans certains bâtiments de laveurs d'air.

Emissions de $PM_{2,5}$

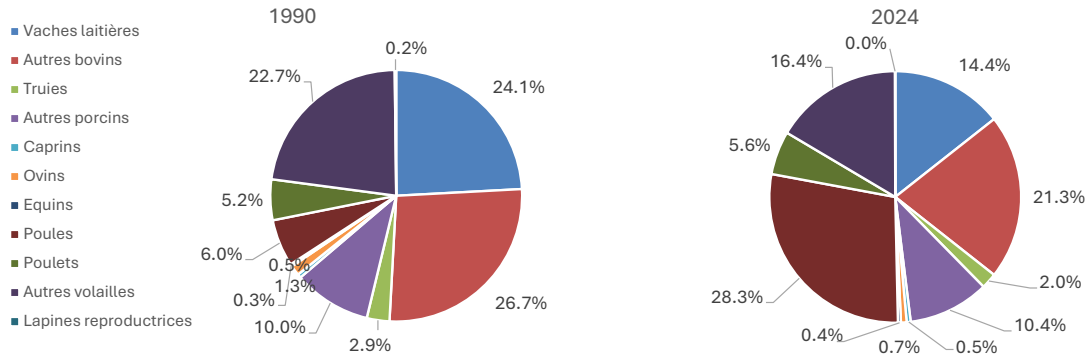


Figure 157 : Répartition des émissions de $PM_{2,5}$ par grande catégorie animale en 1990 et 2024

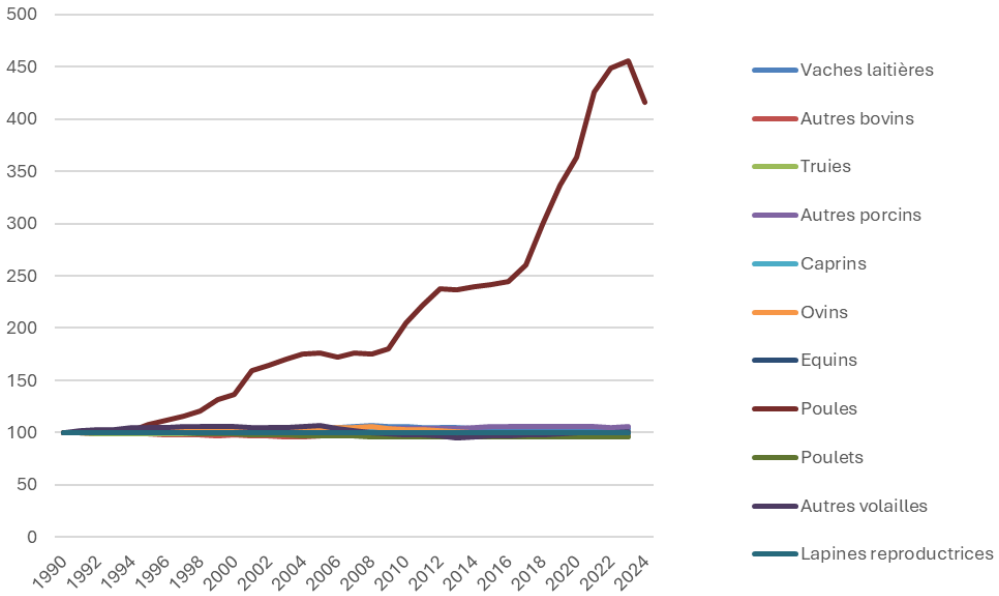


Figure 158 : Evolution du facteur d'émission moyen de $PM_{2,5}$ recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

Pour les émissions de $PM_{2,5}$, 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 $PM_{2,5}$, malgré la mise en place progressive dans certains bâtiments de laveurs d'air.

Emissions de COVNM

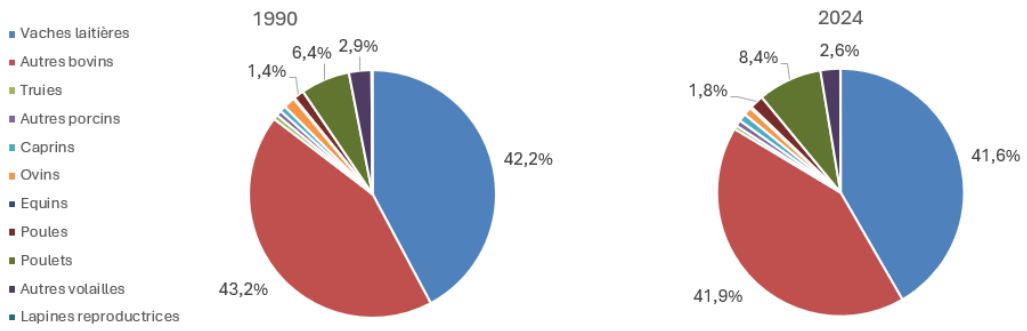


Figure 159 : Répartition des émissions de COVNM par grande catégorie animale en 1990 et 2024

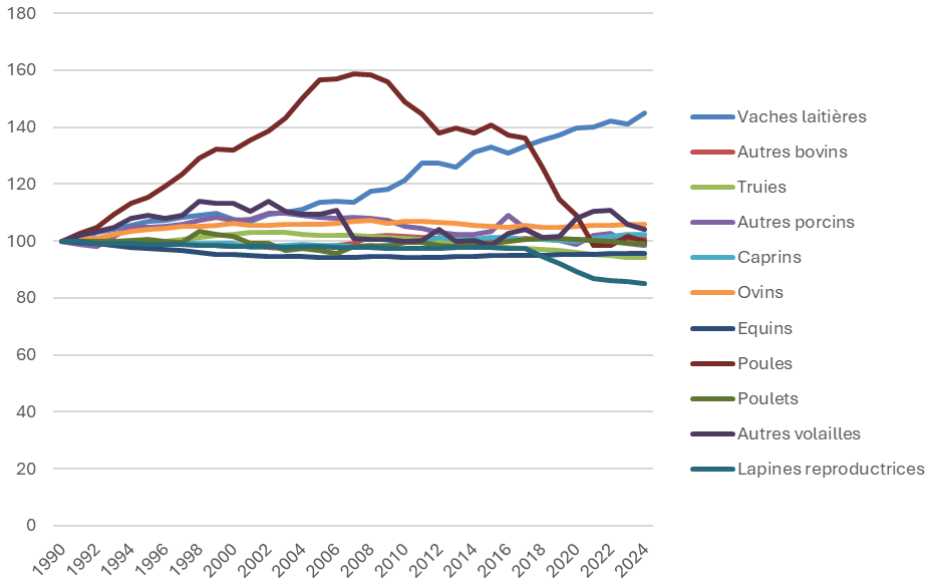


Figure 160 : Evolution du facteur d'émission moyen de COVNM recalculé par grande catégorie animale, base 100 en 1990

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.

5.4.2 Méthodes d'estimation des émissions

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 « Agriculture | Introduction », section « Cheptels »)
- Les systèmes de gestion des déjections (SGDA) (voir « Agriculture | Introduction », sections « Systèmes de gestion des déjections animales »)
- Les quantités d'azote et de solides volatils (SV) excrétées (voir « Agriculture | Introduction », section « Excrétions carbonées » et en annexe « A.2 Fermentation entérique des vaches laitières et estimation du SV » et « A.3 Fermentation entérique des autres bovins et estimation du SV »)
- Les facteurs d'émissions principalement issus du Giec 2019 [1229] et du guide EMEP / EEA 2023 [1338],
- Les taux d'application des pratiques de réduction d'émission de NH3 et les facteurs d'abattement associés.

Emissions de SO_2

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

Emissions de NOx

Les émissions de NOx (NO exprimé en équivalent NO2) issues du stockage des déjections sont mal connues. Ces émissions sont estimées conformément à la méthodologie EMEP/EEA 2023 [1338].

La méthodologie EMEP distingue deux types d'effluents : liquide et solide. Ci-dessous la correspondance avec les systèmes de gestion décrits en section « Agriculture | Introduction » au niveau des « Systèmes de gestion des déjections animales » (SGDA) :

Tableau 222 : 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 NOx (NO exprimé en équivalent NO2), sont calculées comme suit :

$$NO_2 = \left(TAN_{stock_liquide} \times FE_{stockage_NOliquide} + TAN_{stock_solide} \times FE_{stockage_NOsolide}\right) \times \frac{46}{14}$$

Avec : *$TAN_{stock_liquide}$ = Quantité d'azote ammoniacal totale stockée par catégorie animale, gérée en système liquide ;*
TAN_{stock_solide} = Quantité d'azote ammoniacal totale stockée par catégorie animale, gérée en système solide ;
$FE_{stockage_NOliquide}$ = 0,0001 kg N-NO/kg TANstock ;
$FE_{stockage_NOsolide}$ = 0,01 kg N-NO/kg TANstock.

Les facteurs d'émission utilisés correspondent aux facteurs d'émission par défaut tirés d'EMEP 2023 (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_3 ».

Emissions de COVNM

Selon le guide EMEP 2023 [1338], la majorité des COVNM émis par l'élevage serait composée d'isopropanol, 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 2023 [1338]. 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 :

$$\mathrm{COVNM_{totaux}} = \mathrm{COVNM_{silo}} + \mathrm{COVNM_{alimentation}} + \mathrm{COVNM_{bâtiment}} + \mathrm{COVNM_{stockage}} + \mathrm{COVNM_{épandage}} + \mathrm{COVNM_{pâture}}$$

Avec :

- $COVNM_{silo} = Frac_{silage_store} \times COVNM_{alimentation}$
- $\mathrm{COVNM}_{alimentation} =$
  - Pour les bovins : $EB \times \%\, bâtiment \times (FE_{alimentation} \times Frac_of_max_{silage})$
  - Pour les autres animaux : $SV \times \%\, bâtiment \times (FE_{alimentation} \times Frac_of_max_{silage})$
- $COVNM_{bâtiment} =$
  - Pour les bovins : $EB \times \%\, bâtiment \times FE_{bâtiment}$
  - Pour les autres animaux : $SV \times \%\, bâtiment \times FE_{bâtiment}$
- $COVNM_{stockage} = COVNM_{bâtiment} \times \left(\frac{NH3_{stockage}}{NH3_{bâtiment}}\right)$
- $COVNM_{épandage} = COVNM_{bâtiment} \times \left(\frac{NH3_{épandage}}{NH3_{bâtiment}}\right)$
- $COVNM_{pâture} =$
  - Pour les bovins : $EB \times (1 - \%\, bâtiment) \times FE_{pâture}$
  - Pour les autres animaux : $VS \times (1 - \%bâtiment) \times FE_{pâture}$

Le calcul des **énergies brutes (EB)** pour les bovins est présenté en section « Fermentation entérique – 3A ». Le calcul des **solides volatiles (SV)** pour les autres animaux est présenté dans la présente section, au niveau du paragraphe sur les émissions de CH_4.

Les **facteurs d'émission (FE)** utilisés sont ceux proposés par défaut dans le guide EMEP / EEA 2023 [1338].

Le paramètre **%bâtiment** correspond à la part du temps passé au bâtiment par l'animal. Le calcul de ce paramètre est décrit en section « Agriculture | Introduction ».

Le paramètre **$Frac_{silage_store}$** prend la valeur par défaut proposée dans le guide EMEP / EEA 2023 [1338] représentant les conditions européennes : 0,25.

Le paramètre **$Frac_of_max_{silage}$** 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, ce qui correspond à la valeur par défaut EMEP. 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 « Agriculture | Introduction ». En 2007, la part d'ensilage d'herbe et de maïs dans la ration est estimée à 42 %, ce qui correspond à un $Frac_of_max_{silage}$ 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 $Frac_of_max_{silage}$ de 100 % car l'ensilage est dominant. Le $Frac_of_max_{silage}$ 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 connaitre 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 $Frac_of_max_{silage}$ de 65 %, et à 52 % en bovins lait, ce qui correspond à un $Frac_of_max_{silage}$ 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 $Frac_of_max_{silage}$ 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 $Frac_of_max_{silage}$ de 28 %. Cette valeur est maintenue sur la période. Pour les autres caprins, le $Frac_of_max_{silage}$ 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 $Frac_of_max_{silage}$ de 24 %, et à 14 % en ovins viande, ce qui correspond à un $Frac_of_max_{silage}$ 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 $Frac_of_max_{silage}$ 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 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 par catégorie animale dans la section « Gestion des déjections animales - 3.B ». Les émissions de COVNM de l'épandage et la pâture sont rapportées dans la section « Sols agricoles – 3D ».

Emissions de CO

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

Emissions de 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 2023 [1338]. 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 NH_3 sont intégrées dans le calcul et leur mode de prise en compte dans l'inventaire est détaillé dans l'annexe « A.4 Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction » et « A.5. Méthodologie d'estimation de l'évolution annuelle des pratiques d'épandage » :

- 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 NH3 vont se poursuivre afin de refléter au mieux l'évolution des pratiques du secteur.

La méthodologie EMEP est basée sur les flux d'azote ammoniacal (TAN) 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 N2, NO et N2O au bâtiment et au stockage, et les apports d'azote par la paille.

Les émissions totales de NH3 correspondent à la somme des émissions des différents postes :

$$NH_{3_{total}} = NH_{3_{bâtiment}} + NH_{3_{stockage}} + NH_{3_{épandage}} + NH_{3_{pâture}}$$

Cependant, les émissions sont rapportées dans des catégories différentes :

- $NH_{3\ Bâtiment}$: émissions rapportées en « Gestion des déjections animales » ;
- $NH_{3\ Stockage}$: émissions rapportées en « Gestion des déjections animales » ;
- $NH_{3\ Epandage}$: émissions rapportées en « Sols agricoles » ;
- $NH_{3\ Pâture}$: émissions rapportées en « Sols agricoles » .

Viennent également s'ajouter des émissions de NH_3 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 rapportages 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 « Agriculture | Introduction » :

Tableau 223 : 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 NH3 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.

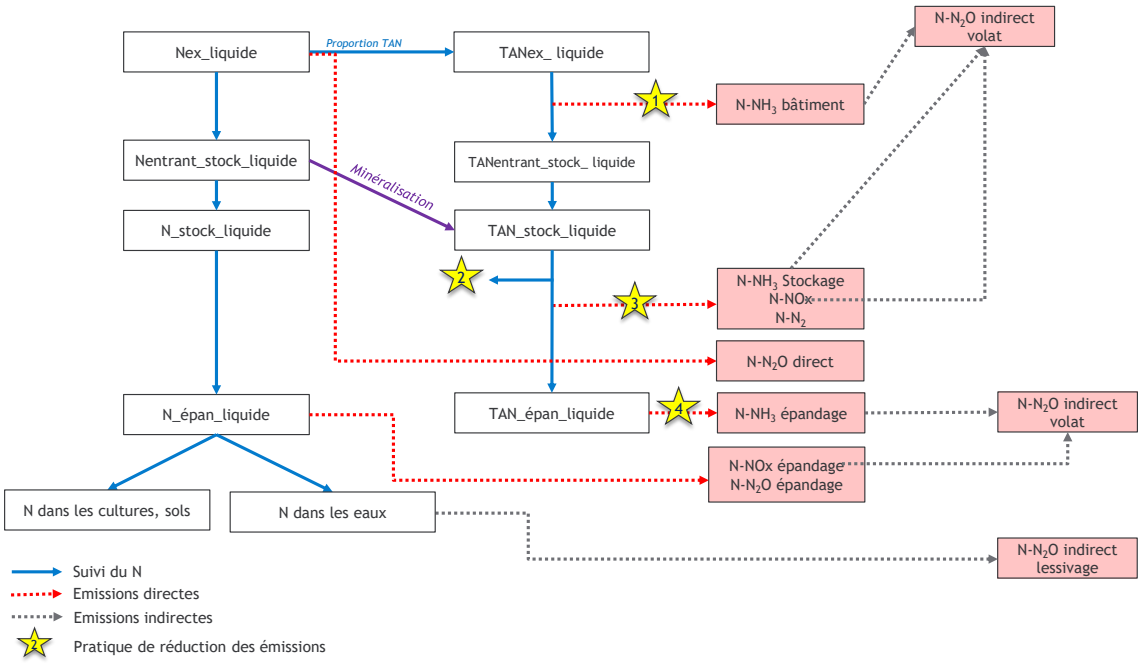


Figure 161 : Suivi de l'azote en gestion liquide

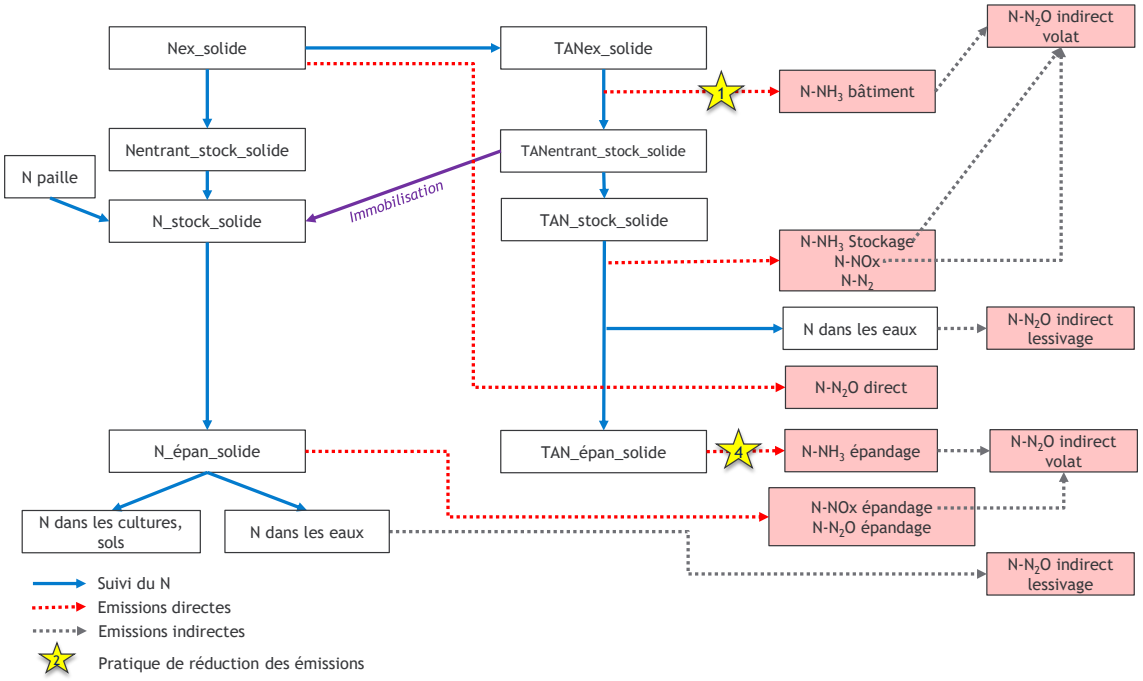


Figure 162 : Suivi de l'azote en gestion solide

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.

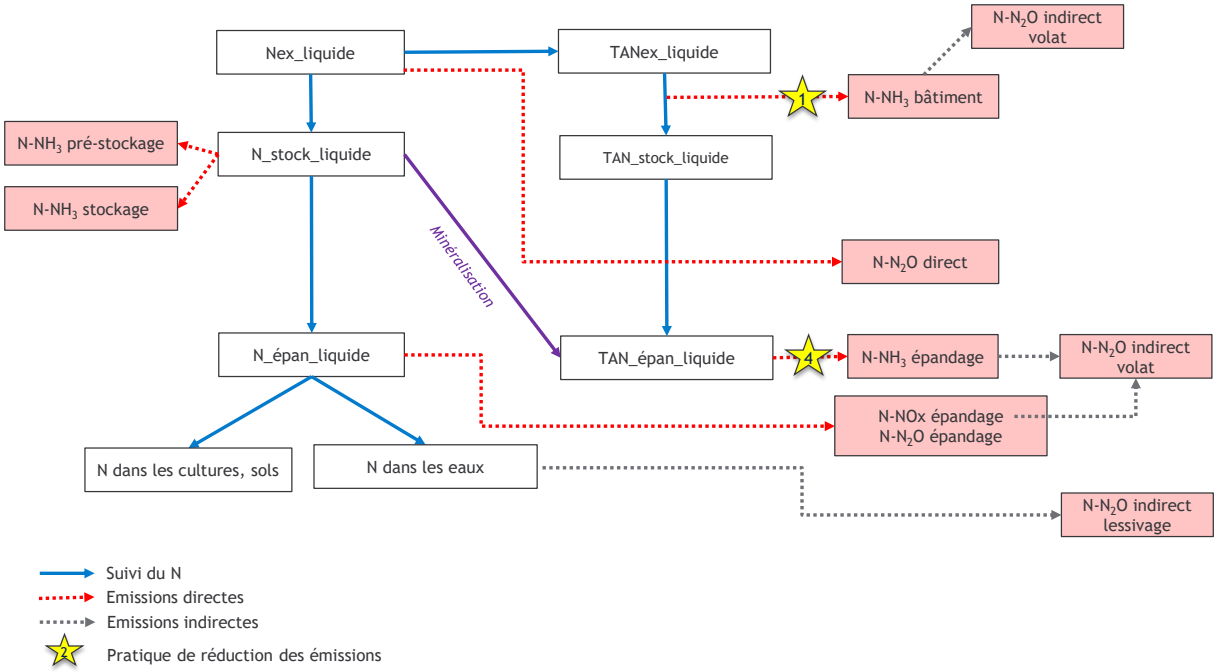


Figure 163 : Suivi de l'azote en gestion liquide avec méthanisation

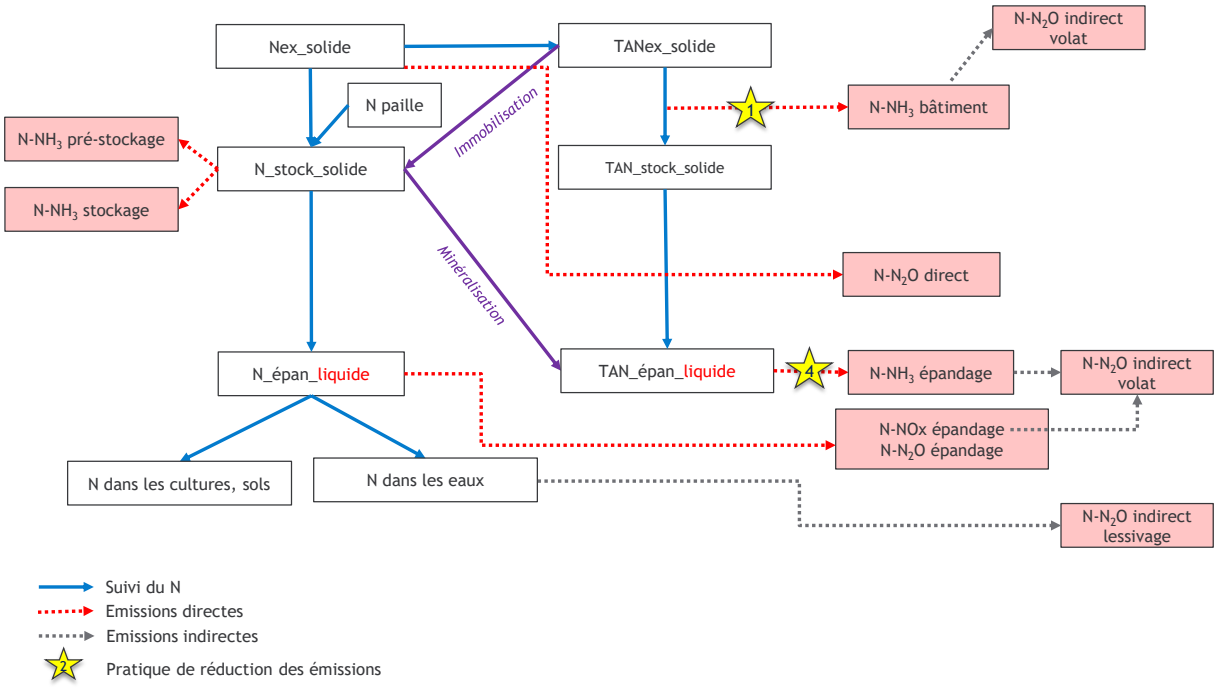


Figure 164: Suivi de l'azote en gestion solide avec méthanisation

NH3 - 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 : *Nex_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_i = part de la population gérée en système de gestion des déjections i
Fex = facteur d'excrétion azotée pour la catégorie concernée (kgN/tête)

Les Fex sont nationaux et sont présentés en section « Agriculture | Introduction ».

L'azote excrété est ensuite converti en azote ammoniacal (TAN) :

$$TAN_{ex_i} = N_{ex_i} \times TAN$$

Avec : *N_{ex_i}= Quantité d'azote totale excrétée par une catégorie animale pour le système de gestion des déjections i (kgN) ;*
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 224 : Tableau récapitulatif des proportions de TAN utilisées par catégorie animale

	TAN (part du Nex)
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 NH3 au bâtiment, selon l'équation suivante :

$$N\text{-}NH_{3_{Bâtiment}} = \sum_i \{Frac_{Air_i} \times (TAN_{ex_i} \times FE_{Bâtiment\ i} \times FA_{Air}) + (1 - Frac_{Air\ i}) \times (TAN_{ex_i} \times FE_{Bâtiment_i})\}$$

Avec : Frac_{Air_i} *: part des animaux de la catégorie i gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air (ratio) ;*
$FE_{Bâtiment_i}$*: Facteur d'émission de NH_3 au bâtiment (kg N-NH_3/kg TAN) pour les animaux de la catégorie i;*
$\mathrm{F}A_{Air}$*: facteur d'ajustement associé au lavage d'air (ratio).*

L'estimation du paramètre $Frac_{Air}$, représentant la part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air, est présentée en annexe « A.4 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 2023 [1338], 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 entrainant 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 1990-2024.

Tableau 225 : Facteurs d'émission de N-NH3 au bâtiment

Catégorie animale		FE N-NH3 Liquide (kg N-NH3/TANex)	FE N-NH3 Solide (kg N-NH3/TANex)
Vaches laitières		0,24	0,08
Autres bovins		0,24	0,08
Porcins	Porcelets non sevrés (<8kg)	0,27	0,23
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,27	0,23
	Verrats de 50 kg et plus	0,35	0,24
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,27	0,23
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 couver	-	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 - 0,15
	Canards à gaver	0,24	0,24
	Canards à rôtir	0,24	0,24
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	-	0,19
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,57	0,57
	Pintades	-	0,19
	Cailles d'élevage	-	0,19
Autres	Lapines reproductrices	0,27	0,27
	Cervidés d'élevage*	-	-
* gestion uniquement à la pâture			

Les émissions de NH_3 au bâtiment sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3_{Bâtiment}} = N\text{-}NH_{3_{Bâtiment}} \times \frac{17}{14}$$

<u>NH3 - Poste Stockage – pour les effluents hors méthanisation</u>

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 :

$$TAN_{entrant_stock\ i} = TAN_{ex_i} - N\text{-}NH_{3_{Bâtiment\ i}}$$

$$N_{entrant_stock\ i} = N_{ex_i} - N\text{-}NH_{3_{Bâtiment\ i}}$$

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 :

Liquide : $\mathrm{TAN_{stock\ i}} = \mathrm{TAN_{entrant_stock\ i}} + \left(\mathrm{N_{entrant_stock\ i}} - \mathrm{TAN_{entrant_stock\ i}}\right) \times \mathrm{F_{min}}$ ***(équation a)***

Avec : F_{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 en annexe « A.4 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 TANstock de chaque catégorie porcine, pour chaque région, aux quantités nationales de TANstock pour l'ensemble de la catégorie porcine. Cette estimation est une première approximation qui pourra être améliorée par la suite.

$$\mathrm{Frac}_{reg,\,animal} = \frac{\mathrm{TAN}_{stock\ reg,\,animal}}{\mathrm{TAN}_{stock\ national,\,porcs}}$$

Avec : $\mathrm{TAN}_{stock_{reg,\,animal}}$ *: quantité d'azote ammoniacal au stockage pour l'animal concerné, pour la région concernée ;*
$\mathrm{TAN}_{stock\ national,\,porcs}$*: 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 :

Liquide : $$\mathrm{TAN}_{\mathrm{stock}\ i} = \left\{TAN_{entrant_stock\ i} + (N_{entrant_stock\ i} - TAN_{entrant_stock\ i}) \times F_{min}\right\} - N_{resorb} \times \mathrm{Frac}_{reg,\,animal}$$ ***(équation b)***

Avec : N_{resorb} *= Quantité d'azote résorbée au niveau national, toutes catégories porcines confondues (kgTAN/an) ;*
$\mathrm{Frac}_{reg,\,animal}$ *= 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 :

Solide : $$TAN_{stock\ i} = TAN_{entrant_stock\ i} - Paille \times F_{imm}$$

$$N_{stock\ i} = N_{entrant_stock\ i} + Paille \times T_{MS} \times T_N$$

Avec : Paille = quantité de paille apportée (tonnes de matière fraiche) ;
F_{imm} *= Facteur d'immobilisation par défaut proposé par EMEP 2023 (= 0,0067 kg/ kg de matière fraiche) ;*
T_{MS} *= taux de matière sèche contenue dans la paille (kg matière sèche/kg matière fraiche) ;*
T_N *= 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 « Agriculture | Introduction », 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 2023 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_3 au stockage est calculé selon l'équation suivante :

$$N\text{-}NH_{3_{Stockage}} = \sum_i \left\{ Frac_{couv_i} \times TAN_{stock_i} \times FE_{stock_i} \times FA_{couv} + (1 - Frac_{couv_i}) \times TAN_{stock_i} \times FE_{stock_i} \right\}$$

Avec : $Frac_{couv_i}$ *= part des liquides stockés dans des fosses couvertes (ratio) ;*
FE_{stock_i} *= facteur d'émission de NH3 au stockage (kg N-NH3/kg TAN) ;*
FA_{couv} *= facteur d'ajustement associé à la couverture de fosse (ratio).*

L'estimation du paramètre $Frac_{couv}$, représentant la part des liquides stockés en fosse couverte est présentée en annexe « A.4 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 FA_{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 NH3 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 NH_3 au stockage prennent les valeurs proposées par EMEP 2023.

Tableau 226 : Facteurs d'émission de N-NH3 au stockage

		FE N-NH3 Liquide (kg N-NH3/TANstock)	FE N-NH3 Solide (kg N-NH3/TANstock)
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 couver	-	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	0,24
	Canards à rôtir	0,24	0,24
	Dindes et dindons (au 1er octobre)	-	0,24
	Oies au 1er octobre (à rôtir, à gaver)	0,16	0,16
	Pintades	-	0,24
	Cailles d'élevage	-	0,24
Autres	Lapines reproductrices	0,09	0,09
	Cervidés d'élevage*	-	-
* gestion uniquement à la pâture			

Les émissions de NH_3 au stockage sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3_{Stockage}} = N\text{-}NH_{3_{Stockage}} \times \frac{17}{14}$$

D'autres émissions de composés azotés (N_2O, N_2, NO_X) ont lieu durant le stockage, émissions qu'il est important de comptabiliser ici pour le suivi de l'azote.

Les émissions de N_2O directes sont estimées conformément au Giec 2019. La méthodologie est détaillée plus haut, dans la section « Emissions de N_2O ».

Les émissions de N_2 sont estimées conformément à la méthodologie EMEP 2023, à partir de l'équation suivante :

$$N\text{-}N_2 = TAN_{stock\ i} \times FE_{N_2}$$

Avec : FE_{N_2} = *Facteur d'émission de N_2 au stockage (kg N-N_2/kg TAN).*

Les facteurs d'émission utilisés correspondent aux valeurs par défaut tirées d'EMEP 2023 et varient selon les modes de gestion des déjections animales (liquide et solide) :

- $\mathrm{FE}_{\mathrm{stockage_N_2_liquide}}$= 0,003 kg N-N2/kg TANstock ;
- $\mathrm{FE}_{\mathrm{stockage_N_2_solide}}$= 0,3 kg N-N2/kg TANstock .

Les émissions de NOx sont estimées conformément à la méthodologie EMEP 2023, à partir de l'équation suivante. Le calcul détaillé est situé à la section « Emissions de NOx ».

$$\mathrm{N\text{-}NO_X} = \mathrm{TAN_{stock\ i}} \times \mathrm{FE_{NO}}$$

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 2016, 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 : $\mathrm{Part}_{\mathrm{N_lixiv}}$ *= Part du TAN stocké partant dans les eaux.*

NH₃ – Poste Stockage – Effluents et cosubstrats méthanisés

Pour les effluents partant en méthanisation, la méthodologie à suivre diffère légèrement. Les facteurs d'émission sont issus du chapitre 5B2 d'EMEP 2023 [1145], Tables 3.2 et 3.3. Contrairement aux facteurs d'émission classiquement utilisés, ces facteurs d'émission sont basés sur l'azote total. Pour les effluents d'élevage, il est cependant important de continuer à suivre l'azote total et l'azote ammoniacal. Pour les cosubstrats (CIVE, résidus de culture, déchets d'IAA…), l'azote total est calculé sur la base des quantités totales estimées dans le paragraphe « Méthanisation agricole » et en utilisant les teneurs en azote EMEP 2023 :

Liquide :	$\mathrm{TAN_{stock_liquide}} = \mathrm{TAN_{ex_liquide}} - \mathrm{N\text{-}NH_{3_{Bâtiment_liquide}}}$ $\mathrm{N_{stock_liquide}} = \mathrm{N_{ex_liquide}} - \mathrm{N\text{-}NH_{3_{Bâtiment_liquide}}}$
Solide :	$\mathrm{TAN_{stock_solide}} = \mathrm{TAN_{ex_solide}} - \mathrm{N\text{-}NH_{3_{Bâtiment_solide}}} - \mathrm{Paille} \times \mathrm{F_{imm}}$ $\mathrm{N_{stock_solide}} = \mathrm{N_{ex_solide}} - \mathrm{N\text{-}NH_{3_{Bâtiment_solide}}} + \mathrm{Paille} \times \mathrm{T_{MS\ paille}} \times \mathrm{T_{N\ paille}}$
Cosubstrats :	$\mathrm{N_{stock_cosubstrats}} = \mathrm{Q_{cosubstrats}} \times T_{N\ cosubstrats}$

Avec : Paille = *quantité de paille apportée (tonnes de matière fraiche) ;*
F_{imm} *= facteur d'immobilisation par défaut proposé par EMEP 2023 (= 0,0067 kg/ kg de matière fraîche)*
$T_{MS\ paille}$ *= taux de matière sèche contenue dans la paille (kg matière sèche/kg matière fraiche) ;*
$T_{N\ paille}$ *= teneur en azote de la paille (kg N/kg de matière sèche)*
$Q_{cosubstrats}$ *= Quantité de cosubstrats méthanisés en (tonnes de matière fraîche)*
$T_{N\ cosubstrats}$ *= teneur en azote des cosubstrats (kg N/kg de matière brute)*

Les émissions du pré-stockage et du stockage sont estimées sur la base du $\mathrm{N_{stock_solide}}$, du $\mathrm{N_{stock_liquide}}$ et du $\mathrm{N_{stock_cosubstrats}}$:

$$N\text{-}NH_{3_{pré\text{-}stockage}} = \sum_k N_{stock\ k} \times FE_{pré\text{-}stockage}$$

Avec : $FE_{pré\text{-}stockage}$ *= Facteur d'émission de N-NH₃ au pré-stockage = 0,0009 kg N-NH₃/kg N (EMEP 2023) ;*
L'indice k qui distingue les effluents d'élevage liquides, solides et les cosubstrats de méthanisation

$$N\text{-}NH_{3_{stockage}} = \sum_k N_{stock\ k} \times FE_{stockage}$$

Avec : $FE_{stockage}$ *= Facteur d'émission de N-NH₃ au stockage = 0,0266 kg N-NH₃/kg N (EMEP 2023) ;*
L'indice k qui distingue les effluents d'élevage liquides, solides et les cosubstrats de méthanisation

Important : ces émissions sont converties en NH_3 et rapportées en « 5B2 - Biological treatment of waste - Anaerobic digestion at biogas facilities ».

$$NH_{3_{total_methanisation}} = \left(N\text{-}NH_{3_{pré\text{-}stockage}} \times N\text{-}NH_{3_{stockage}}\right) \times \frac{17}{14}$$

Ces effluents, après méthanisation et stockage, ont vocation à être épandus. D'après la méthodologie EMEP 2023, 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 dans l'équation suivante, permettant d'estimer l'azote ammoniacal total (sous forme liquide) disponible pour l'épandage :

$$TAN_{epan_liquide_metha} = \sum_i \{TAN_{stock\ i} - (N\text{-}NH_{3\ pré\text{-}stockage\ i} + N\text{-}NH_{3\ stockage\ i}) + (N_{stock\ i} - TAN_{stock\ i}) \times F_{min}\}$$

Avec : Fmin = Facteur de minéralisation par défaut proposé par EMEP 2023 (=0,32)

L'indice i distingue les effluents d'élevage liquides et solides

A noter : Le facteur d'émission de NH3 des cosubstrats à l'épandage dépend de l'azote total et non de l'azote ammoniacal aussi le suivi du TAN n'est réalisé que pour les effluents d'élevage.

Il est également nécessaire d'estimer l'azote total disponible pour l'épandage. Ici on ajoute les :

$$N_{epan_liquide_metha} = \sum_k \{N_{stock\ k} - (N\text{-}NH_{3\ pré\text{-}stockage\ k} + N\text{-}NH_{3\ stockage\ k})\}$$

L'indice k qui distingue les effluents d'élevage liquides, solides et les cosubstrats de méthanisation

<u>NH_3 - Poste Epandage</u>

En plus du « $TAN_{epan_liquide_metha}$ » présenté ci-dessus, issu des effluents méthanisés, on estime le TAN disponible des effluents d'élevage 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 :

$$TAN_{epan_liquide} = TAN_{stock_liquide} - (N\text{-}NH_{3\ stock_liquide} + N\text{-}N_{2\ stock_liquide} + N\text{-}NO_{stock_liquide} + N\text{-}N_2O_{stock_liquide})$$

$$N_{epan_liquide} = N_{stock_liquide} - (N\text{-}NH_{3\ stock_liquide} + N\text{-}N_{2\ stock_liquide} + N\text{-}NO_{stock_liquide} + N\text{-}N_2O_{stock_liquide})$$

Solide :

$$TAN_{epan_solide} = TAN_{stock_solide} - (N\text{-}NH_{3\ stock_solide} + N\text{-}N_{2\ stock_solide} + N\text{-}NO_{\ stock_solide} + N\text{-}N_2O_{\ stock_solide} + N_{lessivé})$$

$$N_{epan_liquide} = N_{stock_solide} - (N\text{-}NH_{3\ stock_solide} + N\text{-}N_{2\ stock_solide} + N\text{-}NO_{\ stock_solide} + N\text{-}N_2O_{\ stock_solide} + N_{lessivé})$$

Important pour la section « Sols agricoles – 3D » : la somme de $N_{epan_liquide_metha}$, $N_{epan_liquide}$ et N_{epan_solide} est utilisée pour le calcul des émissions de N2O liées à l'épandage des déjections, émissions prises en compte dans la section « Sols agricoles – 3D ».

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. Pour chaque espèce, le calcul des émissions est alors effectué selon l'équation suivante :

$$N\text{-}NH_{3\ épandage} = \sum_{i,m} \{Frac_{épan\ i,m} \times TAN_{épan\ i} \times FE_{épan\ i} \times FA_{i,m}\}$$

Avec : *L'indice i distingue les déjections liquides des déjections solides ;*
L'indice m représente l'association « matériel + délai » ;
$Frac_{épan\ i,m}$ *= Part des déjections épandue selon l'association (matériel + délais) concernée ;*
$FE_{épan\ i}$ *= Facteur d'émission de* NH_3 *à l'épandage (kg N-*NH_3*/kg* $TAN_{épan}$*) ;*
$FA_{i,m}$ *= Facteur d'ajustement de l'association (matériel + délais) concernée.*

Attention : les effluents sortant de méthanisation sont assimilés à l'épandage à des effluents liquides. Le facteur d'émission des cosubstrats de méthanisation étant très faible et dépendant de l'azote total (et non du TAN) on ne lui affecte pas de facteur d'ajustement bien que l'épandage puisse être réalisé par un matériel moins émissif.

L'estimation du paramètre $Frac_{épan\ i,k}$, représentant la part des déjections épandue par association (matériel + délais) est réalisée différemment entre la période historique (1990-2020) et la période récente (2021-2024) dans le but d'améliorer la réactivité des données sur la période récente. Les modalités de calcul de ce paramètre sont présentées en annexe :

- L'estimation de ce paramètre pour la période 1990-2020 est présentée en annexe « A.4 Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction »

- L'estimation de ce paramètre pour la période 2021-2024 est présentée en annexe « A.5. Méthodologie d'estimation de l'évolution annuelle des pratiques d'épandage »

L'estimation du paramètre $FA_{i,m}$ est issu de deux sources distinctes :

- Les facteurs d'abattement liés aux matériels utilisés proviennent de la guidance UNECE [809] ;
- Les facteurs d'abattements liés aux délais d'incorporation après épandage sont tirés d'une étude menée en France par l'ADEME [803].

Ces facteurs d'abattement (1-FA) sont exprimés dans nos équations en facteur d'ajustement (FA) 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 6 heures après épandage, on multiplie le facteur d'ajustement du pendillard (0,7) par celui du délai (0,5) et on obtient le facteur d'ajustement (FA = 0,525).

Le tableau ci-dessous récapitule les différents facteurs d'ajustement par matériel, délais et combinaisons :

Tableau 227 : Facteurs d'ajustement (FAi,m) liés aux pratiques d'épandage

Matériel	Facteur d'ajustement matériel	Délais	Facteur d'ajustement délais	Facteur d'ajustement combinaison (FAi,m)
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_3 à l'épandage prennent les valeurs proposées par EMEP 2023.

Tableau 228 : Facteurs d'émission de N-NH3 à l'épandage

		FE N-NH3 Liquide (kg N-NH3/TANépan)	FE N-NH3 Solide (kg N-NH3/TANépan)
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	Lapines reproductrices	0,69	0,69
	Cervidés d'élevage*	-	-
* gestion uniquement à la pâture			

Les émissions de NH_3 à l'épandage sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3\ épandage} = N\text{-}NH_{3\ épandage} \times \frac{17}{14}$$

Important : ces émissions de NH_3 à l'épandage ne sont pas comptabilisées en « Gestion des déjections animales » mais en « Sols agricoles ».

NH_3 - 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 :

$$N_{ex_pâture} = Population_{totale} \times SG_{pâture} \times F_{ex}$$

Avec : $N_{ex_pâture}$ *= Quantité d'azote totale excrétée par une catégorie à la pâture (kgN) ;*
$Population_{totale}$ *= Cheptel de la catégorie concernée (tête) ;*
$SG_{pâture}$ *= part de la population gérée à la pâture ;*
F_{ex} *= facteur d'excrétion azotée pour la catégorie concernée (kgN/tête).*

Les Fex sont nationaux et sont présentés en section « Agriculture | Introduction ».

Important pour la section « Sols agricoles – 3D » : les quantités d'azote totales excrétées à la pâture ($N_{ex_pâture}$) sont utilisées pour le calcul des émissions de N_2O prises en compte dans la section « Sols agricoles – 3D ».

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 émissions de NH_3 des animaux à la pâture sont estimées de la façon suivante :

$$N\text{-}NH_{3\ pâture} = TAN_{ex_pâture} \times FE_{pâture}$$

Avec : $TAN_{ex_pâture}$ *= quantités d'azote ammoniacal excrété à la pâture ;*
$FE_{Pâture}$ *= Facteur d'émission de* NH_3 *à la pâture/parcours (kg N-*NH_3*/kg TAN).*

Les facteurs d'émissions utilisés prennent les valeurs par défaut proposées par EMEP 2023, 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 Méda 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 229 : Facteurs d'émission de N-NH3 à la pâture

	FE N-NH3 Pâture (kg N-NH3/TANex_pâture)
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_3 à la pâture sont obtenues de la façon suivante :

$$NH_{3\ pâture} = N\text{-}NH_{3\ pâture} \times \frac{17}{14}$$

Important : ces émissions de NH3 à la pâture ne sont pas comptabilisées en « Gestion des déjections animales » mais en « Sols agricoles ».

Emissions de particules (TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$)

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 « Agriculture | Introduction » :

Tableau 230 : 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_{10} et de $PM_{2,5}$ primaires sont basés sur l'équation d'EMEP/EEA 2023 [1338] suivante, adaptée pour prendre en compte le traitement de l'air (pour plus de détails, se référer à la section en annexe « A.4 Données d'activité pour l'estimation des taux d'application des pratiques de réduction » :

$$E_{PM} = PMA_{animal} \times \%_{bâtiment} \times \left[\left(\%_{liquide} \times EF_{liquide} + \%_{solide} \times EF_{solide}\right) \times \left((Frac_{air} \times FA_{air} + (1 - Frac_{air})\right)\right]$$

Avec : *E_{PM} = Emissions de PM10 ou PM2,5 pour une catégorie animale donnée ;*
PMA_{animal} = Population Moyenne Annuelle pour une catégorie animale donnée ;
$\%_{bâtiment}$ = Pourcentage du temps annuel en bâtiment ;
$Frac_{air}$: part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air (ratio) ;
$\%_{liquide}$ = Pourcentage des effluents gérés dans des systèmes liquide ;
$\%_{solide}$ = Pourcentage des effluents gérés dans des systèmes solide ;
$EF_{liquide}$ = Facteur d'émission pour les systèmes liquide ;
EF_{solide} = Facteur d'émission pour les systèmes solide ;
FA_{air} : facteur d'ajustement associé au lavage d'air (ratio).

L'estimation du paramètre $Frac_{air}$, représentant la part des animaux gérés dans un bâtiment avec traitement de l'air, est présentée en annexe « A.4 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 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 2023 [1338], 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 2023 Tier 1 (tableau 3.5) [1338] 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 2023 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 231 : Facteurs d'émission PM utilisés

		FE TSP		FE PM10		FE PM2.5	
		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	0,00
	Porcelets en post sevrage (8kg à 30kg)	0,36	0,00	0,16	0,00	0,03	0,00
	Verrats de 50 kg et plus	1,36	1,77	0,61	0,80	0,11	0,14
	Porcs à l'engrais (>30kg)	0,70	0,83	0,31	0,37	0,06	0,07
Truies de 50 kg et plus		1,36	1,77	0,61	0,80	0,11	0,14
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	-	0,029-0,093	-	0,029-0,093	-	0,004-0,018
	Poules pondeuses d'œufs de consommation						
	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
* gestion uniquement à la pâture							

Emissions de Métaux lourds (ML)

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

Emissions de Polluants organiques persistants POP)

Il n'y a pas d'émission attendue pour ce secteur.

5.4.3 Incertitudes

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 dires 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 NH3 par défaut mais indique que celle-ci peut varier considérablement (de ±14% à ±136%). Dans le Giec 2006, des incertitudes sont fournies pour le paramètre « $Frac_{GAS}$ » combinant les émissions de NH_3 et de NOx. Les émissions de NH_3 étant majoritaires, le choix a été fait d'utiliser ces incertitudes pour approcher l'incertitude des facteurs d'émission de NH3.

L'ensemble de ces données combinées nous mène aux incertitudes suivantes pour les facteurs recalculés (NH3/tête), qui sont ensuite combinées à l'incertitude de la donnée d'activité.

Tableau 232 : Incertitude retenue pour l'émission de NH_3 (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 2023 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 2023 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.

5.4.4 Contrôle et assurance qualité (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

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 :

A noter : pour la plupart des catégories, les données de cheptels 2023 ont été révisées à la hausse, exception faite des ovins, des équins, et d'une partie des volailles.

3B1a - Manure management - Dairy cattle	
Données d'activité	Modification des données de production entre 2010 et 2024
NH_3, NOx	Légère révision des quantités d'effluents méthanisées
COVNM	Modifications mineures des paramètres pour l'estimation de l'EB (énergie brute). Affecte l'ensemble de la série 1990-2024
3B1b - Manure management - Non-dairy cattle	
NH_3, NOx	Légère révision des quantités d'effluents méthanisées
3B2 - Manure management - Sheep	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH_3 et NOx sont donc en baisse pour le NFR 3B
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins.
3B3 – Manure management – Swine	
Données d'activité	Mise à jour des données de production (1990-2024) et de performance technique des porcins (à partir de 2020) affectant le calcul du Nex et du SV.
NH_3, NOx, COVNM	Légère évolution du Nex et du SV en lien avec de nouvelles statistiques de production. Mise à jour mineure des données de méthanisation sur l'ensemble de la série 1990-2024. Ces modifications ont un effet sur les émissions de NH_3 NOx, COVNM
3B4d - Manure management - Goats	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient

	uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH_3 et NOx sont donc en baisse pour le NFR 3B
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins.
3B4e - Manure management - Horses	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH_3 et NOx sont donc en baisse pour le NFR 3B
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins.
3B4f - Manure management – Mules and asses	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH_3 et NOx sont donc en baisse pour le NFR 3B
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins.
3B4gi - Manure management - Laying hens	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH_3 et NOx sont donc en baisse pour le NFR 3B
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins.
3B4gii – Manure management – Broilers	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH_3 et NOx sont donc en baisse pour le NFR 3B Modification du rapport des différents systèmes de production en poulet (bio, qualité, lourd…) à partir de 2021 ce qui affecte le facteur d'émission de NH_3
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins. Modification des références sur les performances techniques des poulets bio pour l'année 2020 ce qui affecte la tendance
3B4giii - Manure management - Turkeys	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH_3 et NOx sont donc en baisse pour le NFR 3B
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins.
3B4giv - Manure management – Other poultry	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH_3 et NOx sont donc en baisse pour le NFR 3B
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins.
3B4h - Manure management – Other animals	
NH_3, NOx	La méthanisation des effluents des ovins, caprins, volailles, lapins et équins est désormais comptabilisée ce qui n'était pas le cas dans les précédentes éditions qui comptaient

	uniquement la méthanisation pour les effluents bovins et porcins. Les émissions de NH3 et NOx de ces postes sont donc en baisse pour le NFR 3B
COVNM	Les émissions de COVNM suivent les émissions de NH_3 qui ont été révisées suite à la prise en compte de la méthanisation des effluents pour les ovins, caprins, volailles, lapins et équins.

5.4.6 Améliorations envisagées

En 2019, le projet UREA conduit par l'Idele 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 NH3 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. En 2024, Lle groupe de travail dédié à la fermentation entérique des vaches laitières a permis une amélioration méthodologique sur les excrétions carbonées, mise en œuvre dans l'édition 2025 de l'inventaire. et uUne partie de ceu travail a pu pourrait être remobilisée pour affiner les facteurs d'excrétion azotée des vaches laitières, et doit. se poursuivre en 2026 pour aboutir à une mise en œuvre dans les prochaines soumissions. Aussi l'objectif est de remobiliser ce groupe de travail sur les bovins courant 20252026.

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 depuis EMEP 2019.

5.5 Sols agricoles (NFR 3D)

Pour la soumission 2026 de l'inventaire, les émissions de NH_3 des résidus laissés au sol plus de 3 jours ont été incluses dans la catégorie 3Da1 au lieu du rapportage prévu en 3Da4. Dans les tables NFR, la notation key « NE » a été rapportée pour le NH_3 du 3Da4 par erreur (devrait être « IE »). Ainsi, le total 3D est correct mais la répartition entre catégories NFR sera revue pour la soumission 2027.

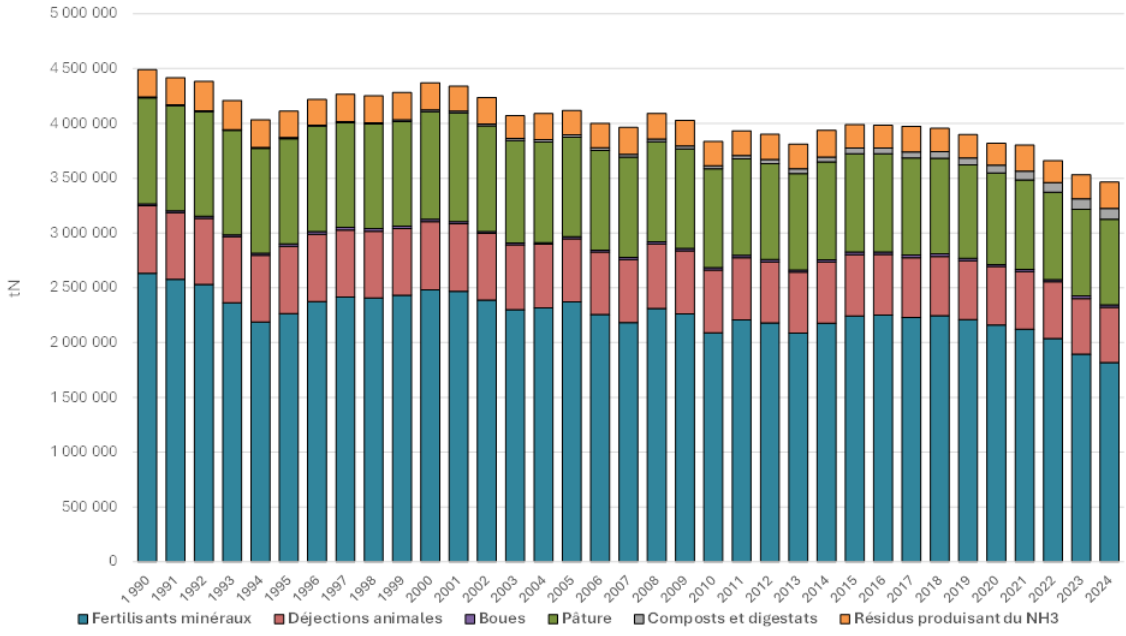
5.5.1 Caractéristiques de la catégorie

Cette section concerne les émissions liées aux sols agricoles (épandage des fertilisants minéraux et organiques, animaux à la pâture, résidus de culture, 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 des sols agricoles sont liées aux quantités d'azote épandues. L'azote épandu peut être dispersé suivant différents modes (excrétion au pâturage, pulvérisateurs, buses-palettes, pendillards, injecteurs…) et sous différentes formes (engrais minéraux, effluents d'élevage, digestats, boues, composts, résidus de récolte). Une partie de l'azote est volatilisée sous des formes réactives (NH_3, NOx, N_2O principalement) ou non (N_2).

Evolution des apports

Une partie des évolutions des émissions azotées s'explique par l'évolution des apports en azote, présentée sur le graphique ci-dessous.



Pour la soumission 2026 de l'inventaire, ont été ajoutées les quantités de résidus prises en compte pour le calcul des émissions de NH_3 (résidus laissés au sol plus de trois jours après la récolte).

Depuis 1990, les apports d'azote sur les sols agricoles ont diminué de 23 %. Le repli de la surface agricole utile sur la période n'explique que partiellement cette tendance baissière. 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 % d'apport d'azote minéral sur 2018-2024). Cette tendance s'explique en partie par l'évolution à la hausse des prix des engrais constatée depuis 2020, hausse qui s'est accentuée depuis suite, en particulier, à la guerre en Ukraine. Les épandages des déjections animales et les déjections des animaux à la pâture sont également en recul, en lien avec la baisse des cheptels. Les composts et digestats voient quant à eux leurs quantités augmenter en lien avec le développement de la méthanisation. Les résidus produisant du NH_3 sont globalement à la baisse sur la période 1990-2024, mais oscillent autour d'un niveau relativement constant depuis les années 2000. Les variations constatées sont principalement liées aux prairies et à leurs niveaux de production.

Émissions de NH_3

Le graphique suivant présente la répartition entre postes au sein de la catégorie 3D et son évolution au cours du temps. Est également présentée l'évolution en base 100 des facteurs d'émission moyens obtenus par grande catégorie.

A noter : pour la soumission 2026 de l'inventaire, les émissions de NH_3 des résidus laissés au sol plus de 3 jours ont été incluses dans la catégorie 3Da1 au lieu du rapportage prévu en 3Da4. Dans les tables NFR, la notation key « NE » a été rapportée pour le NH_3 du 3Da4 par erreur (devrait être « IE »). Ainsi, le total 3D est correct mais la répartition entre catégories NFR sera revue pour la soumission 2027.

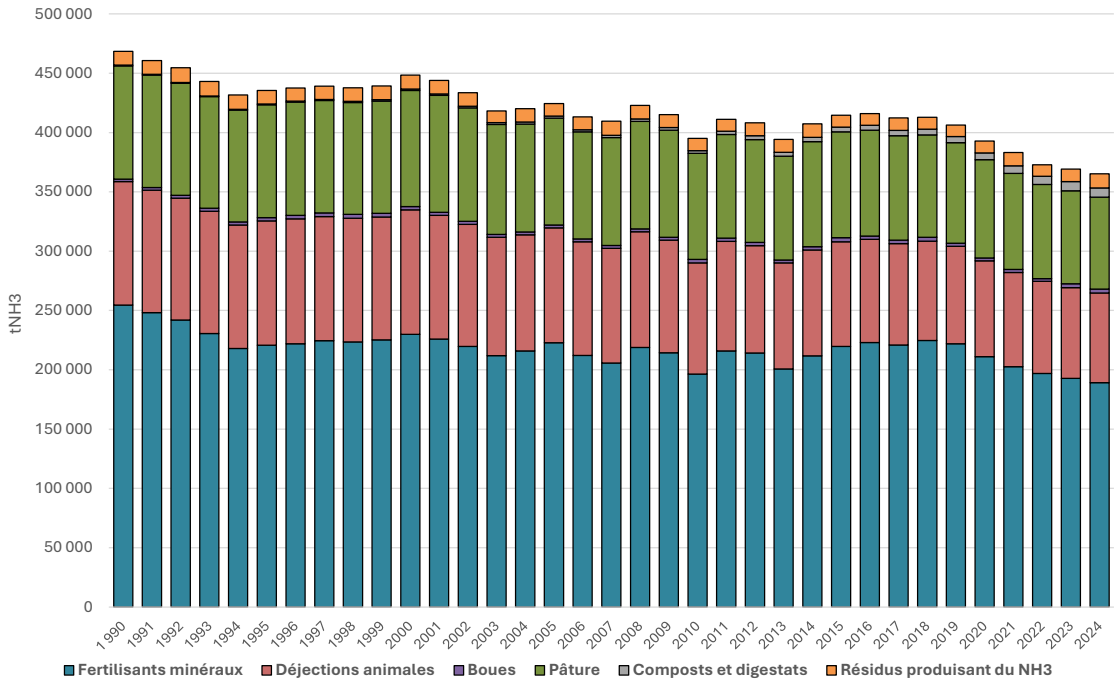


Figure 165 : Répartition des émissions de NH_3 des sols agricoles par grands postes

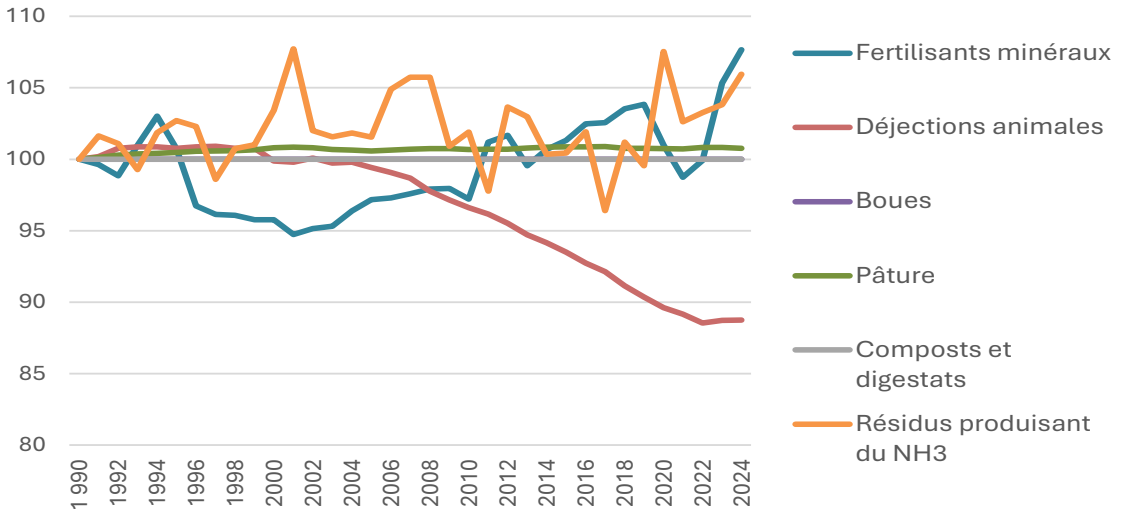


Figure 166 : Evolution du facteur d'émission moyen de NH_3 recalculé par grande catégorie, base 100 en 1990

La contribution des différents postes est assez stable dans le temps.

La baisse des apports mentionnée plus haut explique en partie le recul des émissions de NH_3 des sols agricoles constaté à partir de 2018 après une longue période stationnaire depuis le début des années 2000.

A ce recul des apports vient s'ajouter la progression des pratiques permettant de réduire les émissions de NH_3, en particulier pour l'épandage des déjections animales comme le montre l'évolution du facteur moyen en base 100. Ce facteur d'émission moyen est également impacté par le type de déjection épandue (liquide ou solide). Pour la fertilisation minérale, les évolutions constatées s'expliquent par la variation du mix des engrais, avec un retour de l'urée à la hausse ces dernières années, provoquant une hausse du facteur d'émission moyen pour cette catégorie d'apports.

Émissions de NOx

Les évolutions des émissions de NOx s'expliquent principalement par les évolutions des apports, les facteurs d'émission appliqués étant globalement constants sur la période.

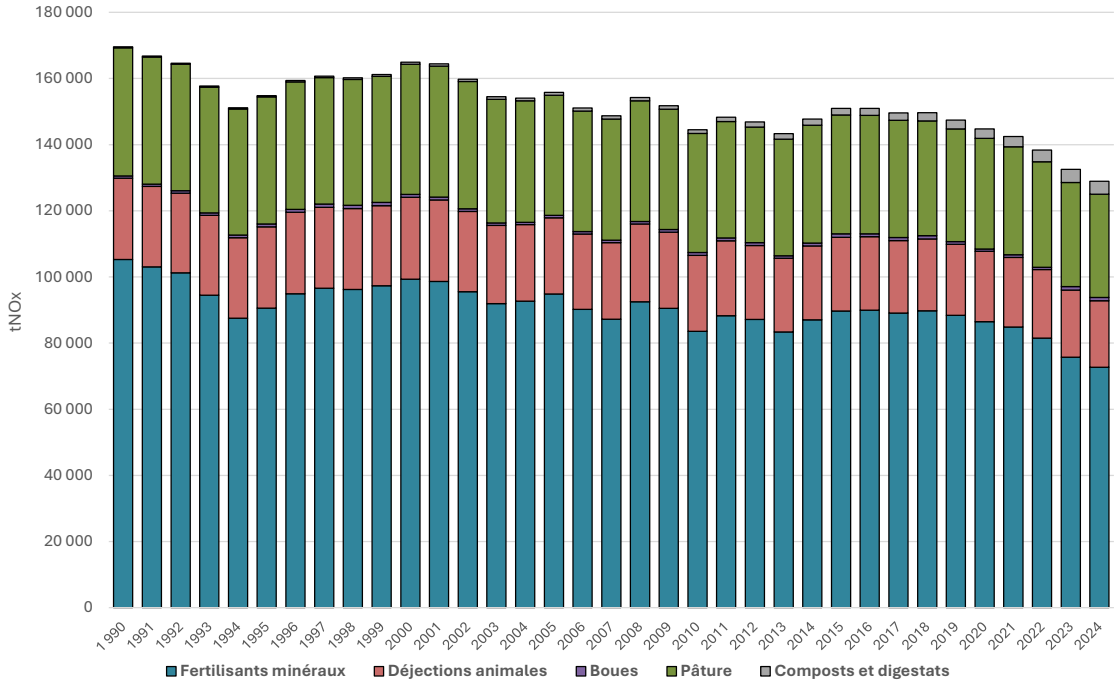


Figure 167 : Répartition des émissions de NOx des sols agricoles par grands postes

Autres émissions

Les émissions de COVNM sont globalement stables sur la période avec toutefois des variabilités interannuelles en lien avec le fonctionnement biologique des cultures (températures, cumul des précipitations…). Les deux autres postes (déjections à la pâture et déjections épandues) sont à la baisse principalement en lien avec la baisse du cheptel bovin.

Les émissions de TSP et de PM_{10} proviennent principalement du labour. Pour la soumission 2026, la méthode Tier 2 du guide Emep a été mise en place. Ainsi, les émissions sont estimées à partir des surfaces cultivées par type, du nombre d'opérations culturales et d'un facteur d'émission dépendant du climat. Les émissions liées au travail du sol progressent conjointement à la hausse des surfaces cultivées en céréales et à la baisse des surfaces en prairie sur la période.

Les émissions de HCB sont issues de l'application de pesticides.

5.5.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/methodologie-de-linventaire-ominea/.

5.5.2.1 Epandage d'engrais minéraux (NFR 3Da1)

Livraisons d'azote minéral

L'azote contenu dans les fertilisants minéraux en France hexagonale 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 1er juillet au 30 juin pour les engrais azotés).

$$\text{Apport N min}\acute{e}ral\ 2021 = \frac{livraisons\ 2019/2020 + livraisons\ 2020/2021}{2}$$

Depuis 2014, un nouveau type d'engrais est considéré pour le calcul des émissions de NH3 : 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).

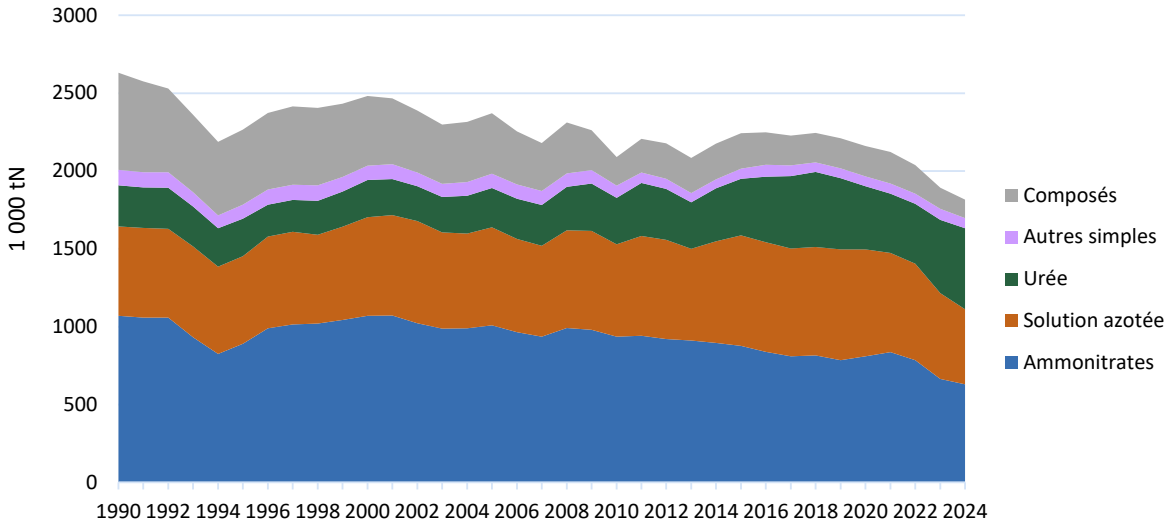


Figure 168 : Moyenne lissée sur deux campagnes des quantités d'azote livrées issues des engrais minéraux épandus en France hexagonale (1 000 tN)

Émissions de NOx

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_2O.

Les émissions de NOx sont déterminées sur la base de la méthodologie Emep 2023 en utilisant le facteur d'émission Table 3.1 p 14 :

$$N\text{-}NO = F_{SN} \times FE_{NO}$$

Avec : F_{SN} *= quantité annuelle de N d'engrais synthétique appliquée aux sols (kg N/an) ;*
FE_{NO} *= facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N)*

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 kg NO_2/kg N épandu** soit 0,012 kg N-NO/kg N ou 1,22 % de l'azote épandu).

Les émissions sont converties en équivalent NO_2 de la façon suivante :

$$NO_2 = N\text{-}NO \times 46/14$$

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_3

La méthode correspond à une méthodologie de rang 2 Emep pour les estimations de NH_3.

Les émissions de NH3 sont calculées de la façon suivante :

$$NH_3 = \sum ij \left(F_{SN_ij} \times FE_{ij} \right)$$

Avec : F_{SN_ij} *= quantité annuelle de N d'engrais synthétique i appliquée aux sols avec pH j (kgN/an) ;*
FE_i *= facteur d'émission de* NH_3 *associé à l'engrais i pour les sols avec un pH j (kg* NH_3*/kg N)*

Les quantités d'azote apportées en France hexagonale 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 2023 [1331] propose des facteurs d'émission par défaut pour chacun des types de fertilisants minéraux, en distinguant les sols à pH inférieur ou égal à 7, des sols à pH supérieur à 7. Les pH des sols sont disponibles par cantons (résolution fine) dans la Base de Données d'Analyse des Terres (BDAT) [965]. En s'appuyant sur les échantillons de la BDAT, on estime la probabilité d'un sol agricole d'avoir un pH inférieur ou égal à 7 avec la « p-value ».

Les facteurs résultants utilisés dans l'inventaire national sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 233 : Facteurs d'émission de NH3 pour les engrais minéraux en 2024

Type de fertilisant	Azote total épandu (tN)	% épandu sur un sol avec pH <=7	% épandu sur un sol avec pH > 7	kg N-NH3 / kg de N épandu
Ammonitrates	630 810	54%	46%	0,0304
Solutions azotées	481 476	41%	59%	0,0377 – 0,1077
Urée	520 253	57%	43%	0,0494 – 0,1645
Autres simples N	64 627	52%	48%	0,0165 – 0,1374
Autres composés	119 601	63%	37%	0,1008

Depuis 2014, un nouveau type d'engrais est considéré pour le calcul des émissions de NH_3 : 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, 2017 et 2021 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 %.
- Dans l'enquête 2021 : la part des solutions azotées enfouies dans les 12h a été estimée au niveau national à 7,4 %, celle pour l'urée à 14,2 %.

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 ;
- En 2017 : application des taux issus de l'enquête 2017 ;
- De 2018 à 2020 : interpolation linéaire entre les taux issus de l'enquête 2017 et ceux issus de l'enquête 2021 ;
- A partir de 2021 : application des taux issus de l'enquête 2021.

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.

5.5.2.2 Epandage des déjections animales (NFR 3Da2a)

Déjections animales produites en France

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 « Gestion des déjections animales - 3.B », et correspond à la somme des paramètres « $N_{_épan_liquide}$ », « $N_{_épan_liquide_métha}$ » et « $N_{_épan_solide}$ ».

Pour rappel, l'azote à épandre issu des déjections est estimé de la façon suivante :

$$N_{_épandu} = N_{ex_bâtiment} + N_{paille} - (N\text{-}NH_{3_bâtiment} + N\text{-}NH_{3_stockage} + N\text{-}NH_{3_Pré\text{-}stockage\ (méthanisation)} + N\text{-}NH_{3\ Stockage\ (méthanisation)} + N\text{-}NO_{_stockage} + N_2 + N\text{-}N_2O_{_direct_bâtiment} + N_{lessivé} + N_{résorbé_nitri}) + N_{déjections_importées}$$

Avec $N_{résorbé_nitri}$: l'azote résorbé par nitrification/dénitrification ; $N_{déjections_importées}$: 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 France hexagonale :

Tableau 234 : Récapitulatif du devenir de l'azote pour estimer les quantités épandues (Périmètre France hexagonale)

	N excrété au bâtiment	N apporté par la paille	N volatilisé en NH_3 NOx	N volatilisé en N_2O direct	N lessivé	N_2	N résorbé par nitri	N déjections importées
	tN	tN	tN	tN	tN	tN	tN	tN
1990	956 071	30 367	217 717	6 316	42 553	106 733	0	1 807
1991	946 849	29 717	215 743	6 187	42 152	105 731	0	1 807
1992	938 906	28 823	214 211	6 047	41 700	104 604	0	1 232
1993	940 122	28 418	214 779	5 985	41 647	104 478	0	2 054
1994	948 713	28 390	216 816	5 999	41 975	105 306	0	2 054
1995	955 279	28 549	218 077	5 992	42 223	105 931	0	2 465
1996	957 994	28 532	218 712	5 948	42 162	105 785	0	2 136
1997	950 890	28 185	217 024	5 846	41 812	104 911	0	2 383
1998	946 789	28 065	215 613	5 781	41 525	104 193	743	3 697
1999	939 271	28 104	213 348	5 741	40 982	102 833	1 485	3 451
2000	957 935	29 700	216 716	5 953	41 817	104 923	2 228	4 108
2001	952 752	29 608	215 341	5 893	41 580	104 326	2 971	3 861
2002	935 007	28 626	211 246	5 744	40 473	101 560	3 713	5 816
2003	908 543	27 503	205 114	5 551	39 273	98 547	4 456	7 867
2004	892 448	27 214	201 023	5 474	38 280	96 061	5 953	6 062
2005	886 024	27 173	198 964	5 455	37 901	95 107	7 449	7 256
2006	879 098	27 357	197 156	5 449	37 575	94 286	7 934	6 312
2007	886 683	27 741	198 647	5 488	37 877	95 045	8 418	9 331
2008	896 621	28 851	200 075	5 582	38 331	96 179	9 010	12 355
2009	882 445	28 410	196 603	5 502	37 960	95 238	9 602	11 174
2010	872 700	27 889	194 315	5 436	37 685	94 541	10 194	14 509
2011	857 781	27 145	191 387	5 336	37 055	92 960	10 353	18 899
2012	847 576	26 769	188 673	5 275	36 784	92 271	10 512	18 240
2013	844 274	26 615	186 947	5 255	36 906	92 569	10 671	19 045
2014	847 972	26 609	187 511	5 290	37 154	93 185	11 031	19 306
2015	846 732	26 677	186 742	5 288	37 194	93 277	11 391	17 928
2016	838 086	26 596	184 198	5 239	36 726	92 105	11 217	19 348
2017	824 645	26 181	180 913	5 137	36 037	90 377	10 678	19 581
2018	813 790	26 002	178 589	5 059	35 185	88 244	10 140	19 937
2019	798 047	25 444	174 808	4 935	34 240	85 876	9 601	22 290
2020	789 269	25 208	172 101	4 851	33 667	84 435	9 601	22 927
2021	776 440	24 645	169 087	4 712	32 754	82 145	9 601	22 960
2022	756 174	24 267	163 642	4 594	31 682	79 447	9 601	26 832
2023	741 754	24 016	159 608	4 496	30 758	77 125	9 601	24 485
2024	737 302	23 568	158 831	4 428	30 563	76 638	9 601	22 165

Imports d'azote des pays frontaliers

Les quantités d'azote contenues dans les déjections importées provenant des pays frontaliers à la France hexagonale (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 coordinatiecentrum 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

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_2O.

Les émissions de NOx sont déterminées sur la base de la méthodologie Emep 2023 en utilisant le facteur d'émission Table 3.1 p 14 :

$$N\text{-}NO = F_{ON} \times FE_{NO}$$

Avec : F_{ON} *: quantité annuelle de fumier animal, compost, digestat et boues appliqués aux sols (kg N/an) ;*
FE_{NO} *= facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N)*

Le paramètre F_{ON} inclut l'azote des déjections animales produites en France et importées, décrit plus haut.

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 kg NO_2/kg N épandu** soit 0,012 kg N-NO/kg N ou 1,22 % de l'azote épandu).

Les émissions sont converties en équivalent NO_2 de la façon suivante :

$$NO_2 = N\text{-}NO \times 46/14$$

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_3

Les émissions de NH_3 sont calculées de la façon suivante :

$$NH_3 = NH_{3\ Epandage} + F_{import_déjections} \times FE_{déjections}$$

Avec : $NH_{3\ Epandage}$ = émissions de NH_3 liées à l'épandage des déjections ; $F_{import_déjections}$ = quantité annuelle de N des déjections importées appliquée aux sols (kgN/an) ; $FE_{déjections}$ = facteur d'émission de NH_3 associé aux déjections (kg NH_3/kg N).

Le calcul des émissions de NH_3 liées à l'épandage des déjections est décrit en section « Gestion des déjections animales - 3.B ».

Les facteurs d'émission proposés par Emep 2023 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 « Gestion des déjections animales - 3.B » mais celles-ci sont bien rapportées au sein du code NFR liés aux sols agricoles (3Da2a épandage de déjections animales).

5.5.2.3 Epandage des boues (NFR 3Da2b)

Apports d'azote liés aux boues

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. La méthodologie employée est décrite dans la section sur les déchets « Traitement des eaux - 5D ».

Émissions de NOx

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_2O.

Les émissions de NOx sont déterminées sur la base de la méthodologie Emep 2023 en utilisant le facteur d'émission Table 3.1 p 14 :

$$N\text{-}NO = F_{ON} \times FE_{NO}$$

Avec : F_{ON} *: quantité annuelle de fumier animal, compost, digestat et boues appliqués aux sols (kg N/an) ;*
FE_{NO} *= facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N)*

Le paramètre F_{ON} inclut l'azote des boues décrit plus haut.

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 kg NO_2/kg N épandu** soit 0,012 kg N-NO/kg N ou 1,22 % de l'azote épandu).

Les émissions sont converties en équivalent NO_2 de la façon suivante :

$$NO_2 = N\text{-}NO \times 46/14$$

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_3

Les émissions de NH_3 sont calculées de la façon suivante :

$$NH_3 = F_{boues} \times FE_{boues}$$

Avec: F_{boues} = quantité annuelle de N des boues appliquée aux sols (kgN/an) ; FE_{boues} = facteur d'émission de NH_3 associé aux boues (kg NH_3/kg N).

Le facteur d'émission utilisé, tiré d'EMEP 2023 [1331] est égal à 0,13 kg NH_3/kg N des boues.

5.5.2.4 Epandage d'autres engrais organiques (NFR 3Da2c)

Apports d'azote liés aux 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 « Traitement biologique - 5B ».

Apports d'azote liés aux digestats

L'azote apporté par l'épandage de digestats issus de la méthanisation est estimé à partir des quantités de digestats épandues (en Matière Brute) en France hexagonale. 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 « Agriculture | Introduction ». 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 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_2O.

Les émissions de NOx sont déterminées sur la base de la méthodologie Emep 2023 en utilisant le facteur d'émission Table 3.1 p 14 :

$$N\text{-}NO = F_{ON} \times FE_{NO}$$

Avec : F_{ON} : quantité annuelle de fumier animal, compost, digestat et boues appliqués aux sols (kg N/an) ; FE_{NO} = facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N)

Le paramètre F_{ON} inclut l'azote des composts et digestats décrit plus haut.

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 kg NO_2/kg N épandu** soit 0,012 kg N-NO/kg N ou 1,22 % de l'azote épandu).

Les émissions sont converties en équivalent NO_2 de la façon suivante :

$$NO_2 = N\text{-}NO \times 46/14$$

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_3

Les émissions de NH_3 sont calculées de la façon suivante :

$$NH_3 = (F_{digestat}+F_{compost}) \times FE_{org}$$

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 2023 [1331], pour les « other organic wastes », basé sur l'azote total épandu. Ce facteur d'émission est égal à 0,08 kg NH3/kg N épandu.

5.5.2.5 Animaux à la pâture (NFR 3Da3)

Azote des déjections des animaux à la pâture

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 « Gestion des déjections animales - 3.B », et correspond au paramètre « Nex_pâture ».

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.

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_2O.

Les émissions de NOx sont déterminées sur la base de la méthodologie Emep 2023 en utilisant le facteur d'émission Table 3.1 p 14 :

$$N\text{-}NO = F_{PPP} \times FE_{NO}$$

Avec : F_{PPP} *: quantité annuelle d'azote des urines et fèces déposée par les animaux au pâturage (kg N/an) ;*
FE_{NO} *= facteur d'émission de NO associé aux apports azotés (kg N-NO/kg N)*

Le paramètre FPPP est décrit ci-dessus.

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 kg NO_2/kg N épandu** soit 0,012 kg N-NO/kg N ou 1,22 % de l'azote épandu).

Les émissions sont converties en équivalent NO_2 de la façon suivante :

$$NO_2 = N\text{-}NO \times 46/14$$

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_3

Le calcul des émissions de NH_3 liées aux animaux gérés à la pâture est décrit en section « Gestion des déjections animales - 3.B ».

Émissions de COVNM

Le calcul des émissions des COVNM liées aux animaux gérés à la pâture est décrit dans la section « Gestion des déjections animales - 3.B » mais celles-ci sont bien rapportées au sein du code NFR lié au pâturage (3Da3).

5.5.2.6 Résidus de culture (NFR 3Da4)

Pour la soumission 2026 de l'inventaire, les émissions de NH_3 des résidus laissés au sol plus de 3 jours ont été incluses dans la catégorie 3Da1 au lieu du rapportage prévu en 3Da4. Dans les tables NFR, la notation key « NE » a été rapportée pour le NH_3 du 3Da4 par erreur (devrait être « IE »). Ainsi, le total 3D est correct mais la répartition entre catégories NFR sera revue pour la soumission 2027.

Pour information, les émissions de NH_3 liées aux résidus sont les suivantes :

Tableau 235 : Emissions en tNH3 liées aux résidus laissés au sol plus de 3 jours (3Da4)

Année	tNH3 - 3Da4
1990	11 531
1991	11 632
1992	12 485
1993	12 208
1994	11 977
1995	11 425
1996	11 034
1997	11 245
1998	11 474
1999	11 698
2000	11 764
2001	11 398
2002	11 403
2003	9 738
2004	11 214
2005	10 474
2006	10 826
2007	11 951
2008	11 422
2009	10 882
2010	10 478
2011	10 084
2012	10 939
2013	10 790
2014	11 291
2015	10 017

2016	9 795
2017	10 432
2018	9 984
2019	9 712
2020	9 868
2021	11 308
2022	9 665
2023	10 515
2024	11 805

Résidus de culture laissés au champ en surface plus de 3 jours

Les résidus de culture laissés en surface plus de 3 jours peuvent conduire à des émissions de NH_3 selon EMEP et de Ruijter & Huijsmans [1331, 1371]. L'inventaire tient compte de plusieurs sources de résidus de récolte laissés au champ :

- les résidus de récolte des cultures principales (pommes de terre, pois, betteraves, etc.) ;
- les résidus de récolte des prairies, issus du fauchage des refus, ou obtenus après désherbage chimique pour renouvellement ;
- les résidus de cultures intermédiaires : repousses du précédent, intercultures non exploitées ou encore cultures dérobées, lorsque les résidus sont laissés au champ après destruction chimique ou par le gel.

Cultures annuelles principales

Les résidus aériens des cultures annuelles principales sont estimés à partir de la méthodologie Giec, détaillée en annexe « A.6. Estimation des quantités de matière sèche des résidus de culture ». La part laissée au champ plus de trois jours avant enfouissement ou travail du sol est inconnue, aussi nous faisons l'hypothèse que 100% des résidus qui ne sont ni exportés ni brûlés sont laissés au champ plus de trois jours. La teneur en azote des résidus (N_{AG}) est estimée à partir de différentes références détaillées dans l'annexe.

Prairies

La production de matière sèche des prairies issue de la fauche est estimée à partir des références des enquêtes pratiques culturales en grandes cultures et prairies de 2017 [485] et des statistiques nationales sur la production d'herbe fournies par la SAA [85]. On estime ainsi que 36% de la production nationale des prairies permanentes et 51% de la production nationale des prairies temporaires est issue de fauche. En reprenant les hypothèses inscrites dans les « supplementing informations » de la méthode de de Ruijter & Huijsmans [1371], les résidus de fauche sont estimés à 10% de la récolte d'herbe.

Le « topping » et le fauchage des refus sont estimés à partir des enquêtes pratiques culturales en grandes cultures et prairies en 2006 et 2017 [485]. En 2017, le fauchage des refus a eu lieu sur 25% des surfaces en prairies permanentes et temporaires. En

s'appuyant sur les références de de Ruijter & Huijsmans [1371], on estime que les résidus restant au sol après fauchage des refus s'élèvent à 350 kg de matière sèche par hectare.

Le traitement chimique des prairies est pris en compte en mobilisant les enquêtes pratiques culturales en grandes cultures et prairies en 2006 et 2017 [485]. En 2017, 8% de la surface en prairies permanentes et temporaires a fait l'objet d'un resemis sans retournement. On associe cette valeur à du traitement chimique pour rénovation, ce qui est proche des valeurs affichées en 2006 pour le désherbage chimique des prairies (entre 8% et 9%).

Pour l'ensemble des résidus estimés, la part laissée au champ plus de trois jours avant enfouissement ou travail du sol est inconnue, aussi nous faisons l'hypothèse que 100% des résidus sont laissés au champ sans retournement rapide. La teneur en azote des résidus (NAG) est issue des lignes directrices du Giec 2019 [1229].

Cultures intermédiaires

Les surfaces en cultures intermédiaires non exploitées, repousses du précédent et dérobées sont estimées à partir des surfaces en cultures principales issues de la SAA [85] et des enquêtes pratiques culturales en grandes cultures de 2006, 2011, 2017 et 2021. Les rendements des intercultures et cultures dérobées sont estimés à partir des enquêtes pratiques culturales en grandes cultures en 2017 [485] et s'échelonnent entre 1,7 et 2,8 tMS/ha. Pour les repousses du précédent, on fait l'hypothèse de rendements équivalents à 10% des rendements en cultures intermédiaires.

Pour l'ensemble des résidus estimés, la part laissée au champ plus de trois jours avant enfouissement ou travail du sol est inconnue, aussi nous faisons l'hypothèse que 100% des résidus sont laissés au champ sans retournement rapide. La teneur en azote des résidus (N_{AG}) est estimée à partir des valeurs fournies dans le guide Emep 2023 [1331].

Émissions de NH_3

Les émissions de NH_3 des résidus de cultures sont estimées à partir de la méthodologie Tier 2 d'Emep 2023 [1331], selon l'équation suivante :

$$\mathrm{NH_{3\ résidus}} = \mathrm{F_{résidus}} \times \mathrm{FE_{résidus}}$$

Avec : $F_{résidus}$ = quantité annuelle de N des résidus de culture sujette à émission d'ammoniac (kgN/an) ;
$FE_{résidus}$ = facteur d'émission de NH_3 associé aux résidus (kg NH_3/kg N) ;

Le facteur d'émission ($FE_{résidus}$) est estimé selon l'équation EMEP Tier 2, et varie selon la culture concernée :

$$FE_{résidus} = [(410 \times N_{AG} - 5{,}42)/100] \times 17/14$$

Avec N_{AG} : Teneur en azote des résidus (en kg N / kg MS)

Les teneurs en azote utilisées sont présentées dans la section précédente.

5.5.2.7 Opérations agricoles à la ferme (NFR 3Dc)

Emissions de particules (TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$)

Liées au travail du sol :

Les émissions de particules liées au travail du sol sont calculées selon la méthodologie Tier 2 du guide Emep 2023 [1331]. La méthode consiste à multiplier le nombre d'opérations culturales (travail du sol, récolte, séchage et tri) par la surface cultivée. Le facteur d'émission change selon la zone climatique concernée (climat méditerranéen ou non).

Le nombre d'opérations culturales par type de culture est établi grâce aux références des enquêtes pratiques culturales en grandes cultures et prairies [485] et rapporté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 236. Opérations culturales prises en compte dans le calcul des émissions de particules liées au travail du sol

Culture	Travail du sol	Récolte	Tri	Séchage
Blé	1,7	1,0	1	1
Seigle	1,7	1,0	1	1
Orge	1,9	1,0	1	1
Avoine	1,9	1,0	1	1
Maïs grain	2,2	1,0	0	0
Sorgho	2,1	1,0	0	0
Triticale	1,9	1,0	0	0
Autres céréales	1,7	1,0	0	0
Colza	1,7	1,0	0	0
Tournesol	2,1	1,0	0	0
Autres oléagineux	2,1	1,0	0	0
Autres protéagineux	1,6	1,0	0	0
Pois protéagineux	1,9	1,0	0	0
Choux, racines et tubercules fourragers	1,0	1,0	0	0
Maïs fourrage	2,3	1,0	0	0
Autres fourrages annuels	1,0	1,0	0	0
Prairies artificielles	0,2	1,0	0	0
Prairies temporaires	0,4	0,4	0	0
Prairies permanentes	0,1	0,3	0	0
Betterave industrielle	1,4	1,0	0	0
Pomme de terre	1,5	1,0	0	0

Pour tenir compte des facteurs d'émission différents selon la zone climatique, le calcul est effectué à la maille communale en s'appuyant sur les données de surfaces en

cultures spatialement explicites mobilisées dans le cadre du NID de l'édition 2025 de l'inventaire sur les gaz à effet de serre (NID 2025, section 6.3) [1385]. On obtient grâce à cela un facteur d'émission induit (FEI_{PM_t}) par type de culture qui est ensuite associé aux surfaces annuelles rapportées dans la SAA [85].

$$FEI_{PM_t} = \frac{\sum_k \left\{ n_{t,k} \times \left[\left(FE_{PM}{}_{t,k}^{wet} \times s_t^{wet} \right) + \left(FE_{PM}{}_{t,k}^{dry} \times s_t^{dry} \right) \right] \right\}}{s_t^{wet} + s_t^{dry}}$$

Avec FEI_{PM_t}: Facteur d'émission de particules (PM10 ou PM2.5) lié au travail du sol (kgPM / ha)

$n_{t,k}$: Nombre d'opérations culturales pour la culture t et l'opération k

S_t^{dry}: Superficie de la culture t en climat sec (méditerranéen) (ha)

S_t^{wet}: Superficie de la culture t en climat humide (ha)

$FE_{PM}{}_{t,k}^{wet}$: Facteur d'émission de particules pour la culture t et l'opération k en climat humide (kgPM / ha / opération)

$FE_{PM}{}_{t,k}^{dry}$: Facteur d'émission de particules pour la culture t et l'opération k en climat sec (kgPM / ha / opération)

Le guide Emep 2023 ne fournissant pas de facteur différencié pour les TSP (facteur égal à celui des PM10), ce dernier est calculé grâce à la granulométrie utilisée dans GAINS pour les sols agricoles [484, table 3.74 page 81]. Selon cette référence, les PM10 représentent 5,5 % des TSP émises pour le secteur 3Dc.

Ces facteurs d'émission sont appliqués à l'ensemble des terres arables.

5.5.2.8 Opérations agricoles hors-ferme (NFR 3Dd)

Emissions de particules (TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$)

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 PM10 et PM2,5 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 PM10 et de la granulométrie [699], ils sont évalués à 111 g / tonne de céréales collectée.

5.5.2.9 Sols cultivés (NFR 3De)

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).

Émissions de COVNM

Aucune émission des sols eux-mêmes n'est estimée.

Les COVNM biotiques émis par la végétation sur les terres agricoles sont rapportées dans la catégorie NFR 3De « Cultivated Crops ». Ces 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 :

$$EM = e \cdot D \cdot S \cdot g$$

Avec : EM : Émissions de COVNM par essence végétale ;
e : Taux normalisé d'émission ;
D : Densité de feuillage ou coefficient de biomasse foliaire ;
S : Superficie recouverte par l'essence végétale ;
g : 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 (e) : les valeurs mobilisées pour les sources non-forestières sont principalement issues d'Emep/Corinair 1996, à l'exception de trois sources : les céréales, les oléagineux et les vignes. Pour ces trois sources, des données provenant de mesures européennes (König et al, 1995) ont été utilisées.
- Densité de biomasse foliaire (D) : les valeurs mobilisées pour les sources non-forestières sont principalement issues d'Emep/Corinaire 1996.
- 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 (g) : 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]).

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 « Gestion des déjections animales - 3.B » mais celles-ci sont bien rapportées au sein des codes NFR liés aux sols agricoles (3Da2a épandage de déjections animales et 3Da3 pâturage).

5.5.2.10 Utilisation de pesticides (NFR 3Df)

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 à partir de 2008. Pour chaque produit phytopharmaceutique, est donnée la quantité de substance active vendue exprimée en kilogrammes, par département du point de vente. En France hexagonale, les produits concernés par des traces de HCB dans leur composition sont le piclorame, le chlorothalonil, le tefluthrine & le chlorthal. Pour estimer les quantités épandues, les données de vente sont moyennées sur 2 années afin de lisser les effets de stocks :

$$\text{Apport substance } 2020 = \frac{vente\ 2019 + vente\ 2020}{2}$$

Les données de vente ne sont disponibles que jusqu'à l'année N-1 de l'inventaire. Ainsi, la dernière valeur de vente est reportée pour l'année N, exception faite du chlorothalonil où l'on fait l'hypothèse d'une vente nulle en année N en lien avec le non-renouvellement de son approbation, mentionné plus bas.

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 des émissions de HCB en provenance de cette substance.

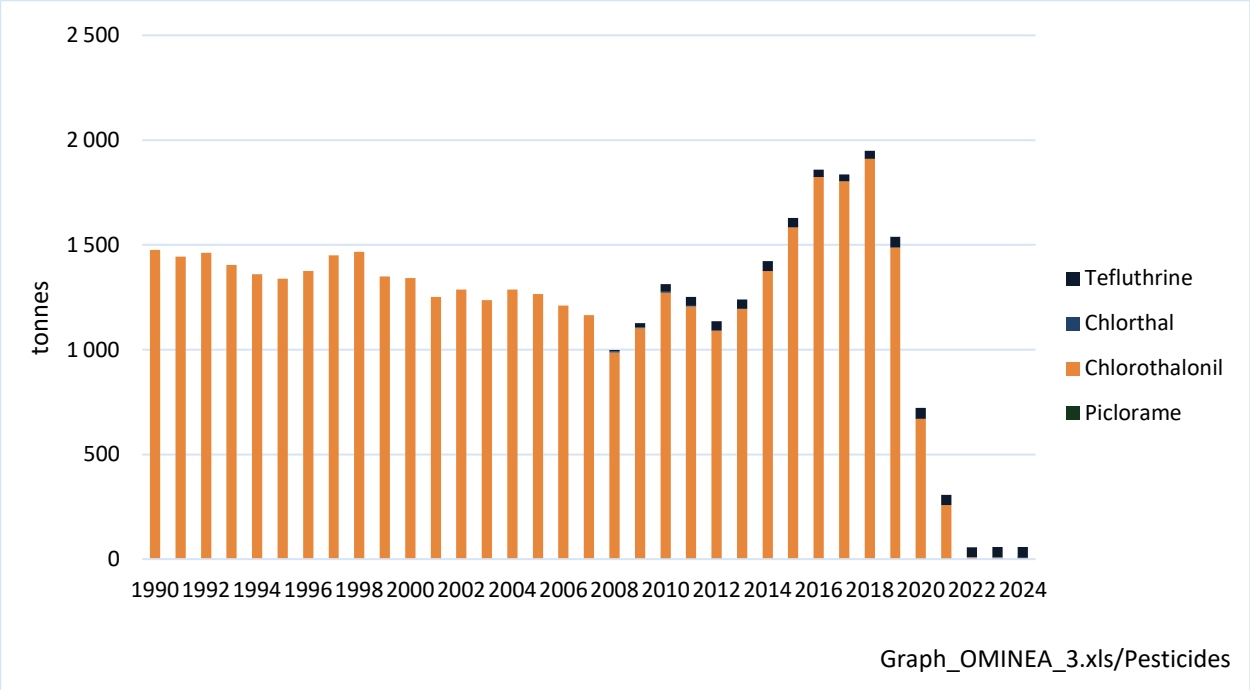


Figure 169 : Estimations des quantités de substances actives utilisées en France hexagonale

Émissions de HCB

Les émissions de HCB liées à l'application des pesticides sont estimées à partir des teneurs maximales fournies dans le guide Emep 2023 (Chapitre 3Df, table 7-3 [1332]). On considère que tout le HCB présent dans la substance se volatilise lors de l'application. D'après Emep 2023 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 237 : 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.

5.5.3 Incertitudes

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 dires d'experts ;
- **Autres organiques (composts, digestats) : 40 %,** à dires d'experts.

Pour les **déjections animales**, l'incertitude est estimée en combinant :

- l'incertitude associée au **facteur d'excrétion azotée**, estimée, à dires d'expert, à 20 % ;
- l'incertitude associée à la **répartition des animaux par système de gestion des déjections**, estimée à 25 % (voir section « Gestion des déjections - 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_3, le guide Emep 2023 indique « *The standard deviation in the NH_3 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_3/N épandu) une **incertitude de 50 %.**

Pour les émissions de NOx, le guide Emep 2023 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 « Gestion des déjections - 3B »), exception faite des COV biotiques (3De) pour lesquels le rapport COBRA [92] mentionne une **incertitude de 75%.**

Pour les émissions de particules, on retient :

- Pour le travail du sol (3Dc) : une **incertitude à 400 %,** fondée sur les incertitudes du guide Emep 2023.
- 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 2023, l'incertitude serait comprise entre 15 % et 30 %. On choisit l'incertitude haute de cette fourchette.

5.5.4 Contrôle et assurance qualité (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.

5.5.5 Recalculs

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 ; 3Da32c ; 3DB4dc ; 3DdB4e ; 3DB4fe ; 3BD4gif ; 3B4gii ; 3B4giii ; 3B4giv ; 3B4h) sont présentés ci-dessous :

3Da1 - Inorganic N-fertilizers (includes also urea application)	
Données d'activité	Révision des données de livraisons à partir de la campagne 2014
NH_3	Mise à jour de la méthode pour prendre en compte l'impact du pH comme mentionné dans le guide Emep 2023 (fort impact) Attention : comme mentionné plus haut, cette année, la catégorie 3Da1 inclut également les émissions de NH_3 des résidus de culture laissés au champ plus de 3 jours. Le rapportage sera corrigé pour les prochaines soumissions.
3Da2a - Animal manure applied to soils	
Données d'activité	Légers ajustements expliqués dans la section 3B -Gestion des déjections, avec notamment la mise à jour de la production porcine et l'intégration de la méthanisation pour les ovins, caprins, équins, volailles et lapins
COVNM	Légère hausse sur toute la période en lien avec l'intégration de la méthanisation pour les ovins, caprins, équins, volailles et lapins, et la révision du VS pour les vaches laitières
3Da2b - Sewage sludge applied to soils	
Données activité	Mise à jour de la donnée 2023

3Da2c - Other organic fertilisers applied to soils (including compost)	
Données d'activité	Révision des rations moyennes des méthaniseurs impactant toute la série temporelle. Mise à jour des données de composts sur la fin de la période (à partir de 2021)
3Da3 - Urine and dung deposited by grazing animals	
Données d'activité	Légers ajustements expliqués dans la section 3B -Gestion des déjections, avec notamment la mise à jour de la production porcine
COVNM	Légère révision du VS pour les vaches laitières
3Dc - Farm-level agricultural operations including storage, handling and transport of agricultural products	
Données d'activité	Légère mise à jour des surfaces (2021-2023)
Particules	Mise en place de la méthodologie Tier 2 Emep
3Dd - Off-farm storage, handling and transport of bulk agricultural products	
Données d'activité	Légère mise à jour des données d'activité.
3De - Cultivated crops	
	Pas de recalcul
3Df - Use of pesticides	
Données d'activité	Légère mise à jour des données de vente depuis 2020

5.5.6 Améliorations envisagées

Concernant le NH_3 :

- 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.

- une attention particulière sera portée dans les prochaines années pour mieux caractériser les émissions de NH3 liées à l'épandage des digestats, au regard du fort développement de la méthanisation. Ces émissions sont actuellement estimées avec le facteur d'émission Tier 1 du guide Emep.

5.6 Brûlage de résidus agricoles (3F)

5.6.1 Caractéristiques de la catégorie

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 hexagonale 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) et des feux pastoraux dans les alpages.

L'évolution des émissions est décrite au début de la section agriculture.

5.6.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/methodologie-de-linventaire-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 2.2 « A.6. Estimation des quantités de matière sèche des résidus de culture ».

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 culturales 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.

Pour les feux pastoraux, l'estimation des surfaces brûlées est basée sur une intersection géographique entre les détections de feux issues de données satellitaires Suomi-NPP / VIIRS fournies par la Nasa entre 2012 et 2023 [1386] et les données spatialement explicites de surfaces en prairies permanentes et alpages mobilisées dans le cadre du NID de l'édition 2025 de l'inventaire sur les gaz à effet de serre (NID 2025, section 6.3) [1385]. Cette intersection permet d'estimer la fraction des surfaces en pâture brûlée en France. Pour obtenir une série complète depuis 1990 on procède de la façon suivante :

- De 1990 à 2011 : application de la fraction brûlée calculée pour 2012 ;
- De 2012 à 2023 : calcul de la fraction brûlée à partir des données satellitaires ;
- De 2023 à l'année en cours : application de la fraction brûlée calculée pour 2023.

Émissions de SO_2, NOx, COVNM, CO, NH_3, TSP, PM_{10}, $PM_{2,5}$, BC

La méthodologie utilisée est celle proposée dans Emep 2023 [1333]. 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 brûlées. Pour les autres cultures, le guide Emep présente uniquement des facteurs d'émission Tier 1. Pour les vignes, on utilise les facteurs d'émission Tier 2 pour le brûlage à l'air libre dans les vergers, issus de la section 5.C.2 du guide EMEP 2023 [1334]. Les facteurs d'émissions sont basés sur la quantité de matière sèche des résidus des cultures brûlées. Les facteurs d'émission utilisés sont détaillés dans les tableaux suivants :

Tableau 238 : 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 et pâture)	FE Tier 2 brûlage à l'air libre - vigne
NOx	$kg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	0,0023	0,0018	0,0027	0,0024	0,0023	0,0049
CO	$kg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	0,0667	0,0388	0,0987	0,0589	0,0667	0,0628
COVNM	$kg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	0,0005	0,0045	0,0117	0,0063	0,0005	0,0010
SOx	$kg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	0,0005	0,0002	0,0001	0,0003	0,0005	0,0003
NH_3	$kg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0000
TSP	$kg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	0,0058	0,0063	0,0078	0,0058	0,0058	0,0049
PM_{10}	$kg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	0,0057	0,0062	0,0077	0,0058	0,0057	0,0049
$PM_{2,5}$	$kg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	0,0054	0,0006	0,0074	0,0055	0,0054	0,0046
BC	$mg.kg^{-1}$ matière sèche résidus	500	750	1 200	500	500	2 577

Emissions de Métaux lourds (ML)

La méthodologie utilisée est celle proposée dans Emep 2023 [1334]. 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 brûlées. Pour les autres cultures, le guide Emep présente uniquement des facteurs d'émission Tier 1. Pour les vignes, on utilise les facteurs d'émission Tier 2 pour le brûlage à l'air libre dans les vergers, issus de la section 5.C.2 du guide EMEP 2023 [1334].

Les facteurs d'émission utilisés sont détaillés dans les tableaux suivants :

Tableau 239 : Facteurs d'émissions métaux lourds

Polluant	Unité	FE Tier 2 blé	FE Ter 2 maïs	FE Tier 2 orge	FE Tier 2 riz	FE Tier 1 (autres cultures et pâture)	FE Tier 2 brûlage à l'air libre - vignes
Pb	mg kg-1 matière sèche résidus	0,11	0,007	0,0036	0,072	0,11	0,67
Cd	mg kg-1 matière sèche résidus	0,88	0,036	0,24	0,16	0,88	0,07
Hg	mg kg-1 matière sèche résidus	0,14	0,028	0,096	0,033	0,14	0,00
As	mg kg-1 matière sèche résidus	0,0064	0,013	0,0064	0,091	0,0064	0,04
Cr	mg kg-1 matière sèche résidus	0,08	0,1	0,14	0,1	0,08	0,01
Cu	mg kg-1 matière sèche résidus	0,073	0,054	0,0036	0,088	0,073	0,14
Ni	mg kg-1 matière sèche résidus	0,052	0,036	0,011	0,045	0,052	0,00
Se	mg kg-1 matière sèche résidus	0,02	0,028	0,039	0,048	0,02	0,03
Zn	mg kg-1 matière sèche résidus	0,56	0,84	0,49	0,92	0,56	18,05

Emissions de Dioxines et furannes (PCDD-F)

La méthodologie utilisée pour les dioxines est la méthodologie Tier 1 proposée dans Emep 2023 [1333], qui fournit des facteurs d'émission basés sur la quantité de matière sèche des résidus des cultures brûlées.

Emissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

La méthodologie utilisée pour les HAP est la méthodologie proposée dans Emep 2023 [1333]. Le guide Emep présente des facteurs d'émission Tier 2 pour les cultures de blé, de maïs, d'orge et de riz. Pour les autres cultures, le guide Emep présente uniquement des facteurs d'émission Tier 1. Pour les vignes, on utilise les facteurs d'émission Tier 2 pour le brûlage à l'air libre dans les vergers, issus de la section 5.C.2 du guide EMEP 2023 [1334].

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Ces émissions ne sont pas estimées actuellement.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Ces émissions ne sont pas estimées actuellement.

5.6.3 Incertitudes

Les dispositions générales décrites dans la section «1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes» sont appliquées.

5.6.4 Contrôle et assurance qualité (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.

5.6.5 Recalculs

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

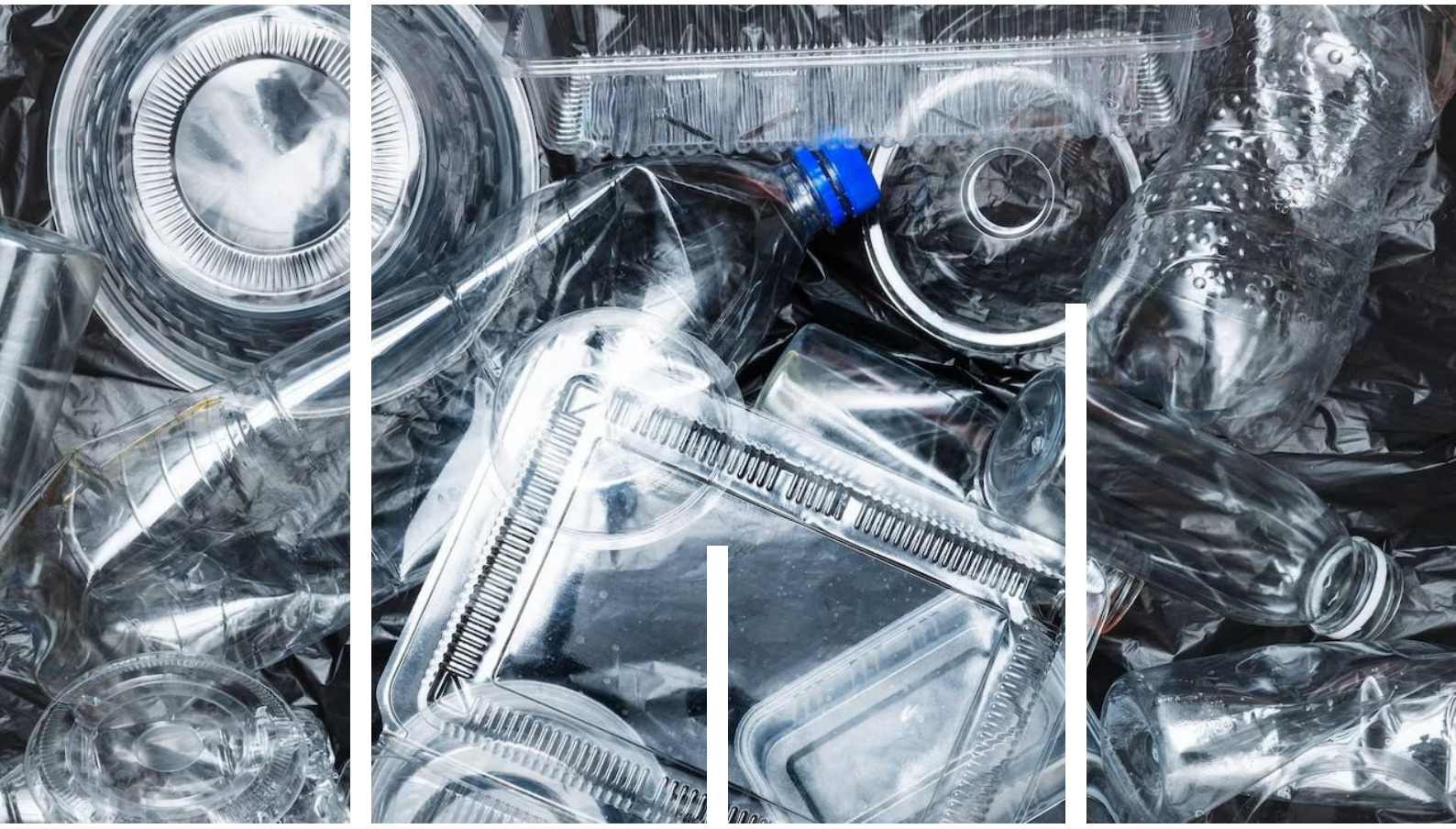
3F - Field burning of agricultural residues	
Données d'activité	Ajout des quantités brûlées issues des feux pastoraux : impacte l'ensemble des émissions

5.6.6 Améliorations envisagées

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 car des informations sont disponibles à ce sujet dans l'enquête Pratiques Viticulture 2019. Cependant, un travail est encore nécessaire pour s'assurer de la bonne compréhension de ces données avant de pouvoir les intégrer dans l'inventaire.

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)

6.1 Contexte

Les différents procédés de traitement des déchets mis en œuvre engendrent des rejets atmosphériques parfois significatifs de substances comme le CH_4 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 2024 et traite des déchets ménagers traités en 2022. L'enquête distingue, entre autres, les modes de traitement suivants en 2022 :

a. Stockage en ISDND (165 sites)
b. Incinération avec et sans récupération d'énergie (119 sites)
c. Compostage (667 sites)
d. Méthanisation (16 sites)
e. Compostage ou méthanisation avec Tri mécano biologiques (TMB) en amont (33 sites)
f. Tri de DMA (351 sites)

Sur le territoire métropolitain, 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.

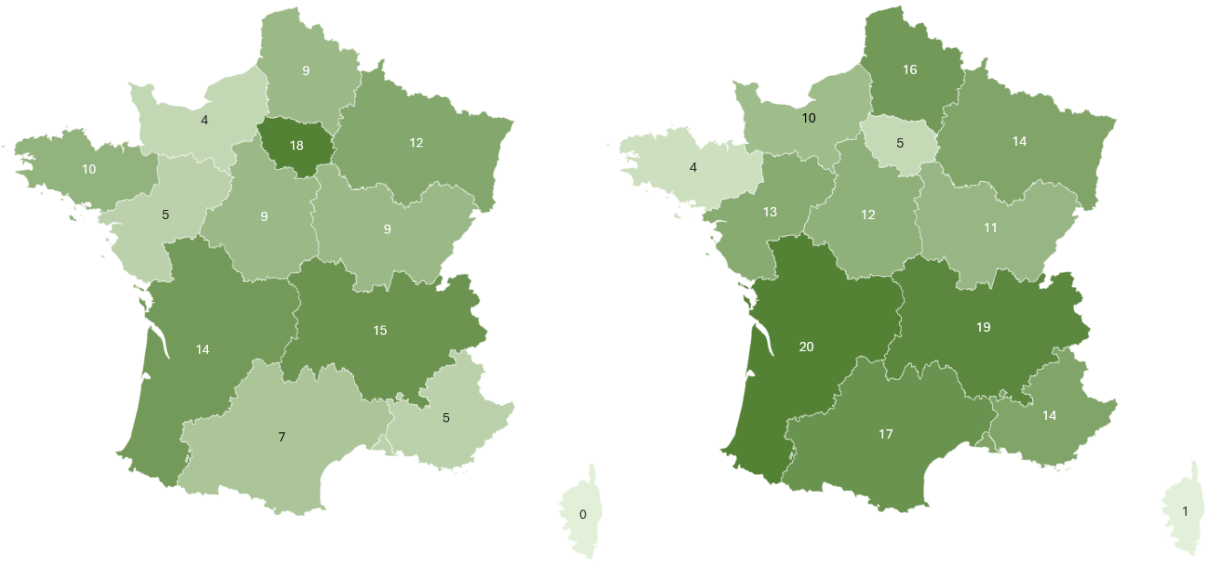
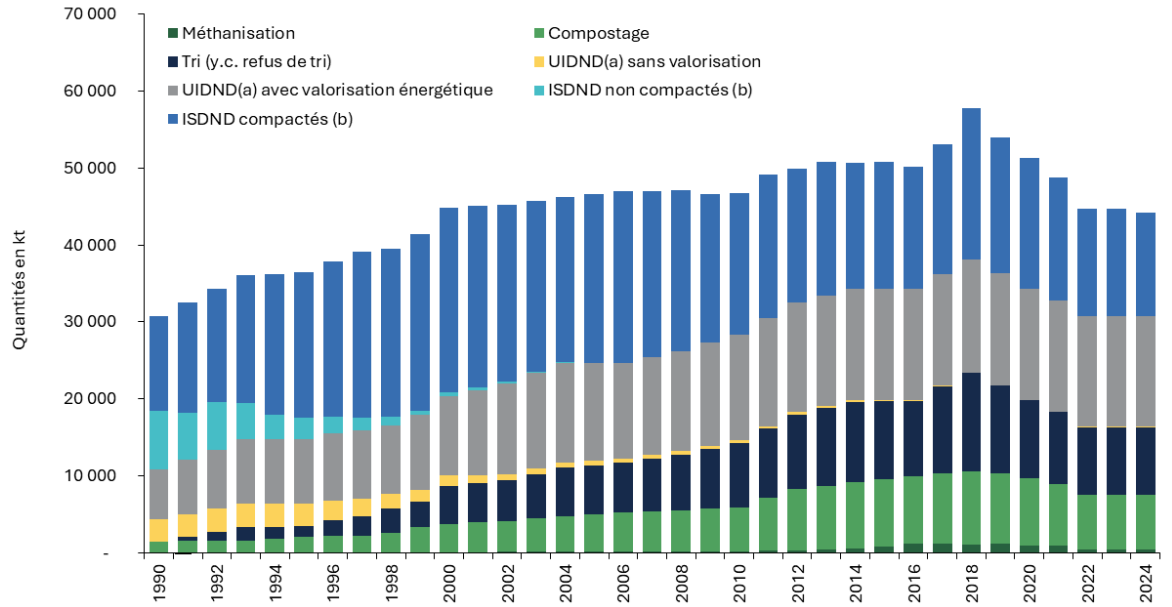


Figure 170 : Parc français des installations d'incinération des ordures ménagères (gauche) de stockage de déchets non dangereux (droite) selon l'enquête ITOM en 2022

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 près de 30% 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. En 2022, le parc d'incinérateurs des ordures ménagères couverts par l'enquête de l'ADEME faisait état de 117 sites équipés de dispositifs de récupération énergétique et seulement deux sites sans. Enfin, la part des procédés biologiques, en particulier du compostage, augmente régulièrement et représente aujourd'hui près 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

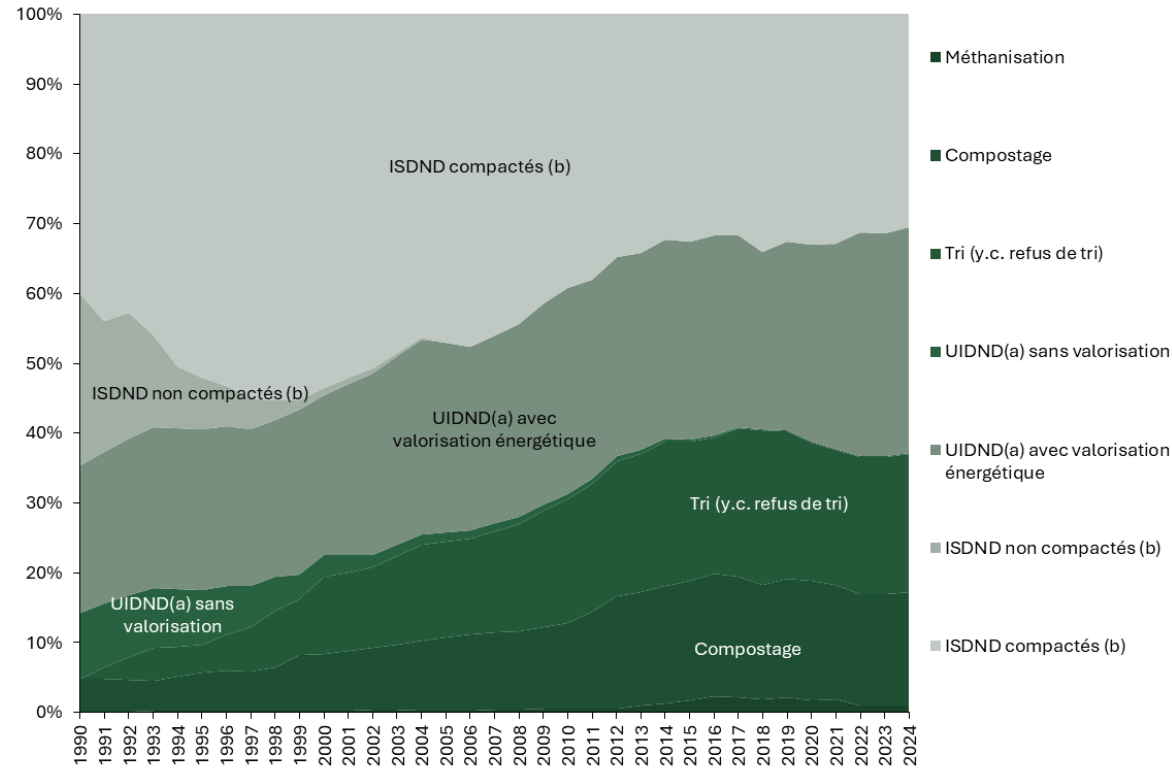
(*) DMA = déchets ménagers et assimilés

(b) ISDND = Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux

source Citepa / format CCNUCC - mars-26

Graph_5.xlsx/DMA

Figure 171 : Evolution de la quantité de déchets municipaux par filière de traitement centralisées (Périmètre France UE)



source Citepa / format CCNUCC - mars-26

Graph_5.xlsx/DMA

Figure 172 : Evolution des pratiques de traitement de déchets municipaux par filière de traitement centralisées (Périmètre France UE)

(a) UIDND = Usine d'Incinération de Déchets Non Dangereux

(b) ISDND = Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux

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.

6.2 Tendances générales des déchets

Tableau 240 : Emissions du secteur déchets en France (Hexagonale) en 2024

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /recap_dechets

Substances	Unités	Emissions (*) 2024	Contributions au total national (%) en 2024
SO_2	Gg	0.3	0.4%
NOx	Gg	2.1	0.3%
NH_3	Gg	8.9	1.5%
COVNM	Gg	12	1.2%
CO	Gg	38	1.7%
As	Mg	0.1	1.4%
Cd	Mg	0.2	7.2%
Cr	Mg	0.3	0.8%
Cu	Mg	1.0	0.3%
Hg	Mg	0.3	13%
Ni	Mg	0.1	0.7%
Pb	Mg	2.2	2.4%
Se	Mg	0.005	0.05%
Zn	Mg	40	9.5%
PCDD/F	g iTEQ	61	52%
HAP	Mg	1.9	5.5%
PCB	kg	0.8	2.6%
HCB	kg	1.4	22%
TSP	Gg	16	2.4%
PM_{10}	Gg	16	6.5%
$PM_{2,5}$	Gg	15	9.2%
BC	Gg	3.4	13%

(*) 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*

6.2.1 Emissions de NO_x

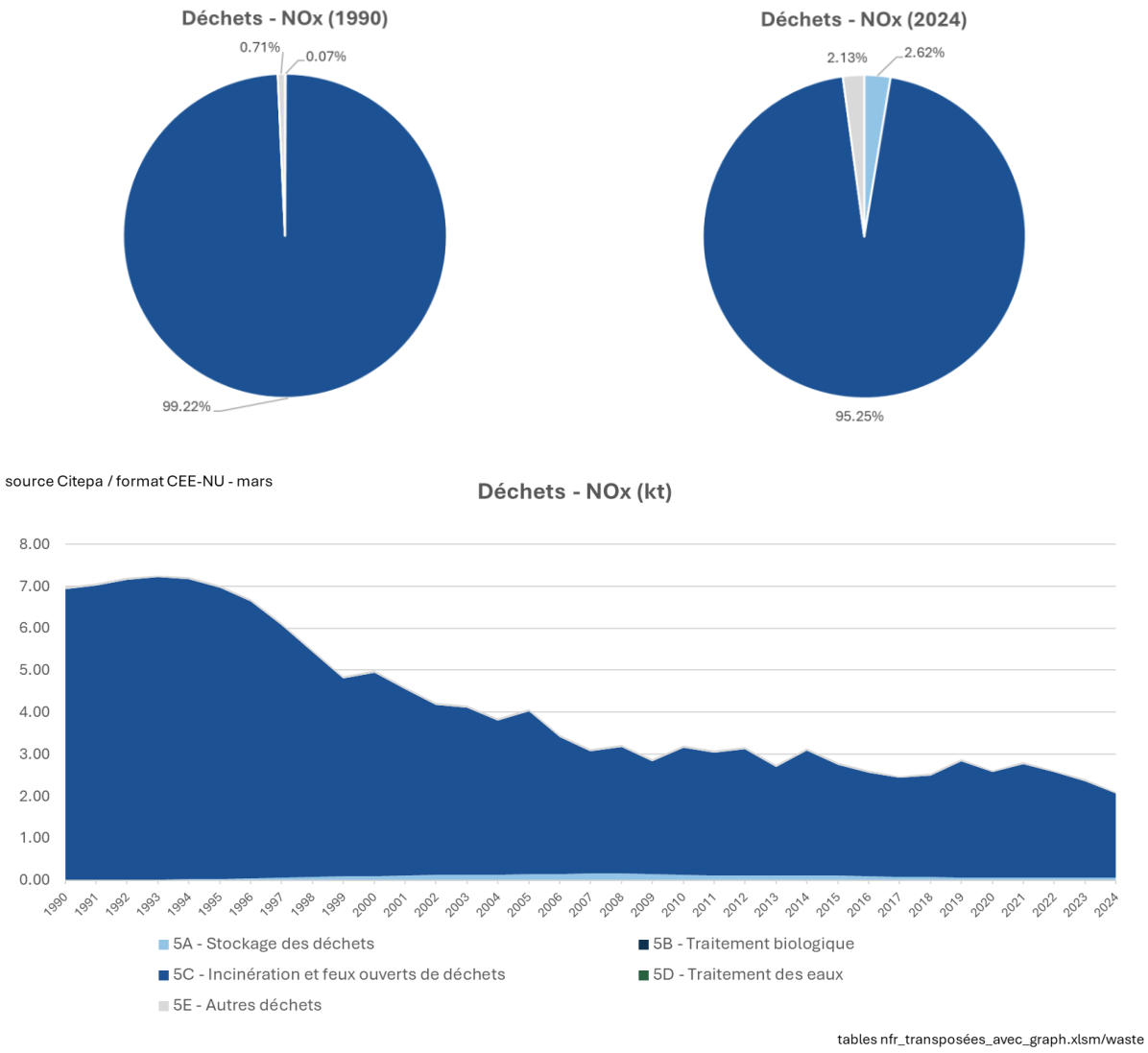


Figure 173 : Evolution et répartition des émissions de NOx du secteur déchets (kt)

Les émissions d'oxydes d'azote associées au traitement des déchets sont principalement issues de la filière incinération sans récupération d'énergie et des feux ouverts. Cela s'explique par les mécanismes physico chimiques de formation des oxydes d'azote. Les émissions de NO_x sont en effet principalement induites par deux phénomènes appelés *NO_x thermique* et *NO_x combustible*. Les *NO_x 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_2). Les *NO_x 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_x. Les émissions issues du stockage sont déterminées sur la base des quantités de biogaz torchées (les rejets associés à la valorisation du biogaz sont

rapportés en Energie). Enfin parmi les autres sources émettrices de NO_x, on compte les incendies de véhicules.

Entre 1990 et 2024, la part des émissions allouées à l'incinération des déchets a légèrement diminué, passant de 99% à 95%. 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_x 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 (+7% par rapport à 2020). L'année 2024 présente une baisse des émissions de NO_x pour le secteur des déchets de 9% par rapport à 2023.

6.2.2 Emissions de COVNM

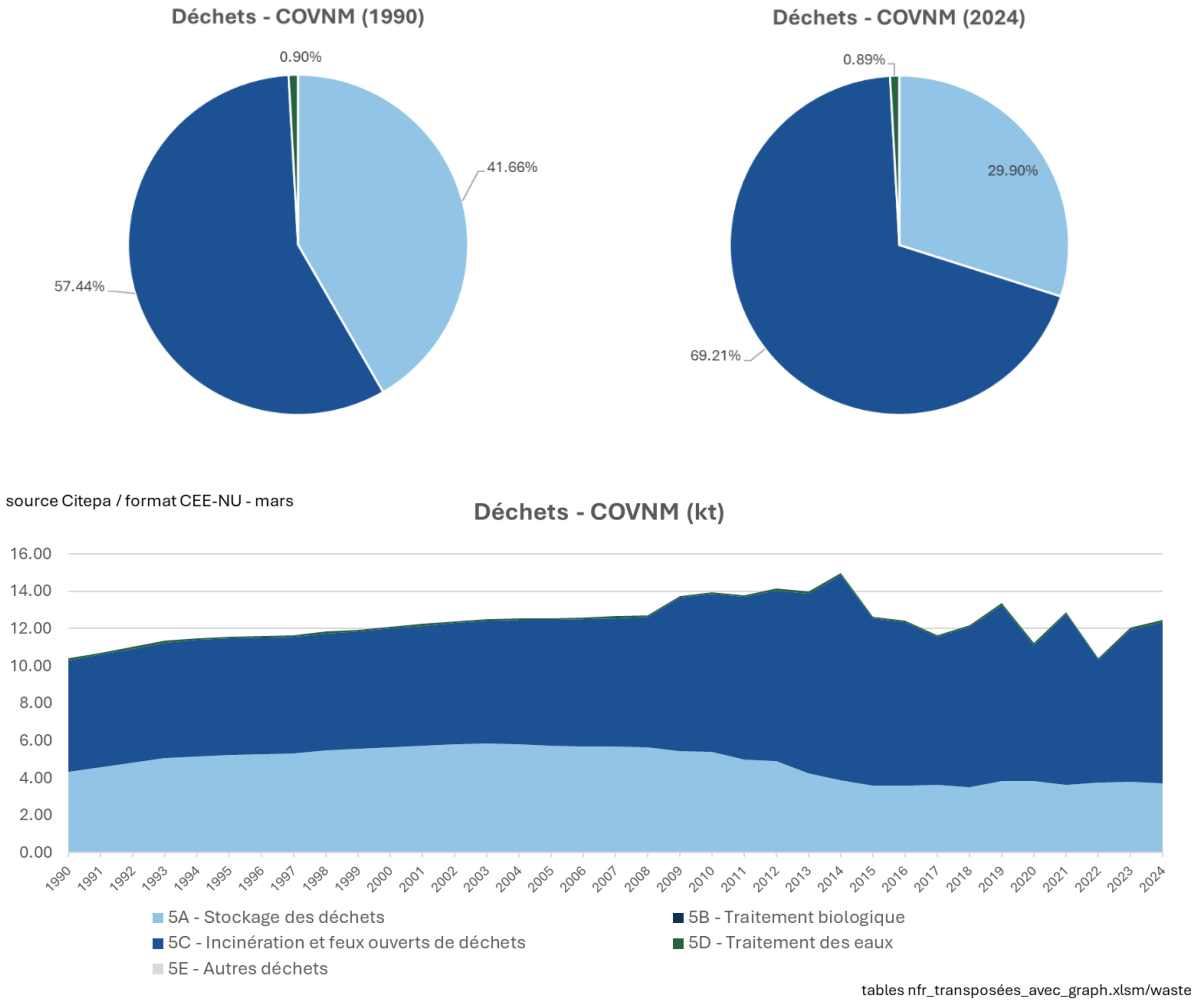


Figure 174 : Evolution et répartition des émissions de COVNM du secteur déchets (kt)

Les rejets de composés organiques volatils non méthaniques sont principalement associés au stockage des déchets non dangereux (30% en 2024) et à l'incinération (69% en 2024). On note cependant une petite contribution de la filière du traitement des eaux à ces rejets (1% en 2024). 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 stabilisation des rejets de COVNM issus des ISDND.

Durant l'année 2020, une diminution de 16% des émissions totales de COVNM par le secteur des déchets par rapport à 2019 est estimée. En 2021 les émissions réaugmentent, +14% par rapport à 2020, pour diminuer à nouveau en 2022, -19% par rapport à 2021. Les oscillations observées ces dernières années sont en grande majorité liées à la pratique

du brûlage des déchets verts par les particuliers dont les habitudes ne sont pas constantes.

6.2.3 Emissions de SO_x

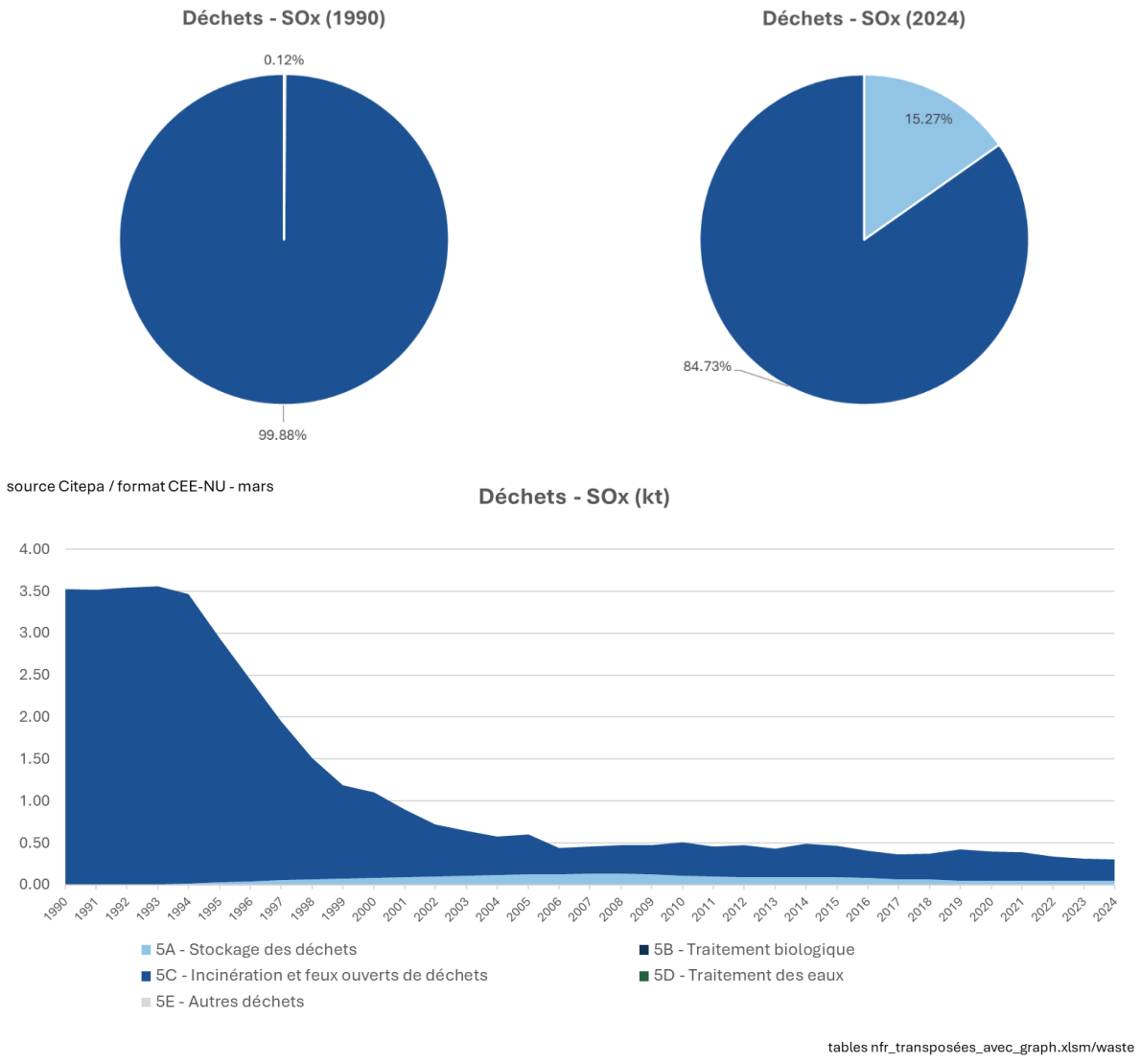


Figure 175 : Evolution et répartition des émissions de SOx du secteur déchets (kt)

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_2 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_x entre 1990 et 2024 (-91%), 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_x associées aux décharges sont issues de la combustion du biogaz lors du torchage du biogaz produit (les rejets associés à la valorisation du biogaz sont rapportés en Energie). En 2024, elles représentent environ 15% des émissions du secteur des déchets contre moins de 1% en 1990.

6.2.4 Emissions de NH_3

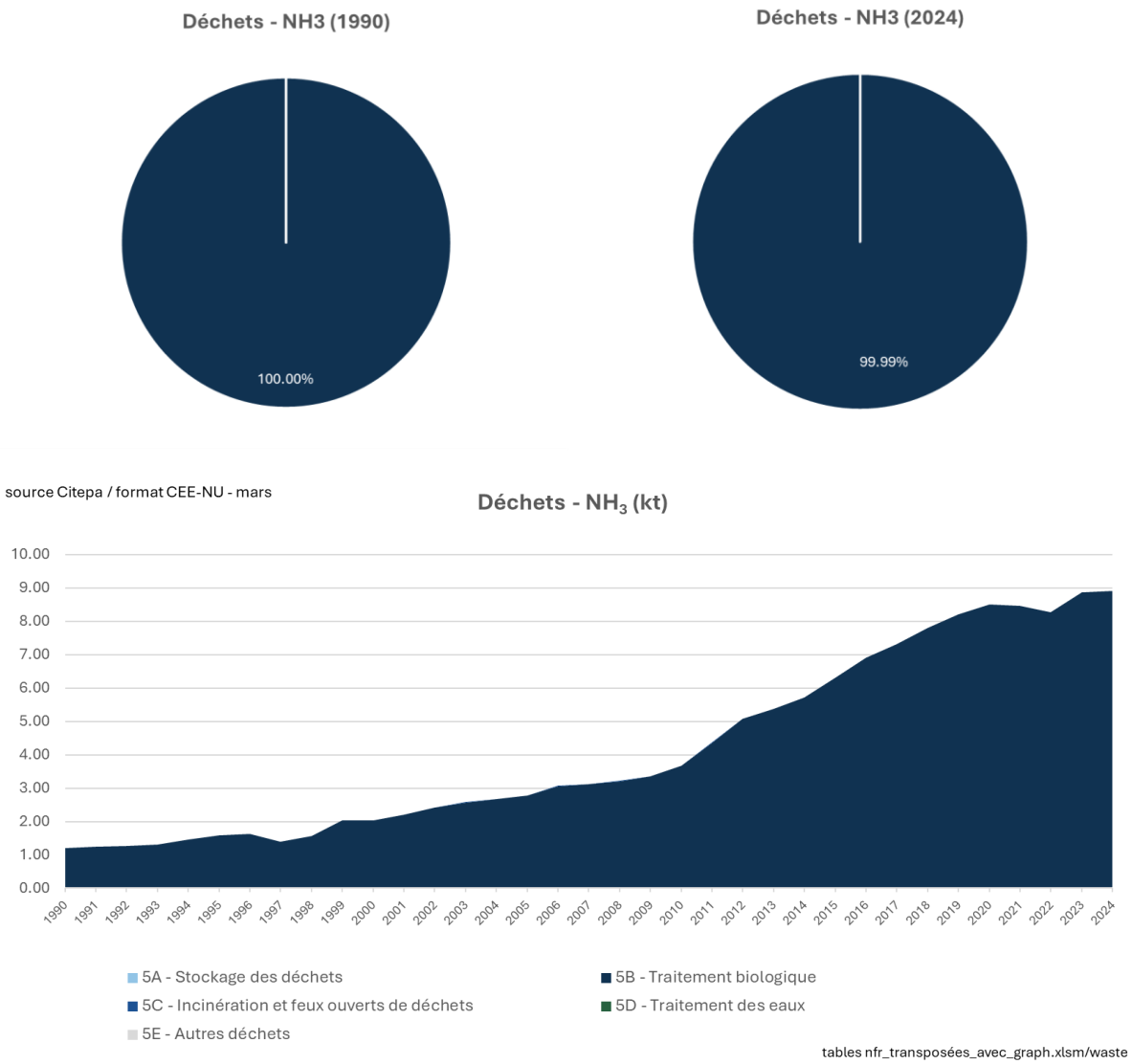


Figure 176 : Evolution des émissions de NH_3 du secteur déchets (kt)

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_3 sur la période 1990 – 2024 provient essentiellement de l'augmentation de la quantité de déchets compostés

(contribuant à hauteur de 5,35 kt NH_3 en 2024) et dans une moindre mesure des déchets méthanisés (contribuant à hauteur de 3,46 kt en 2024).

6.2.5 Emissions de CO

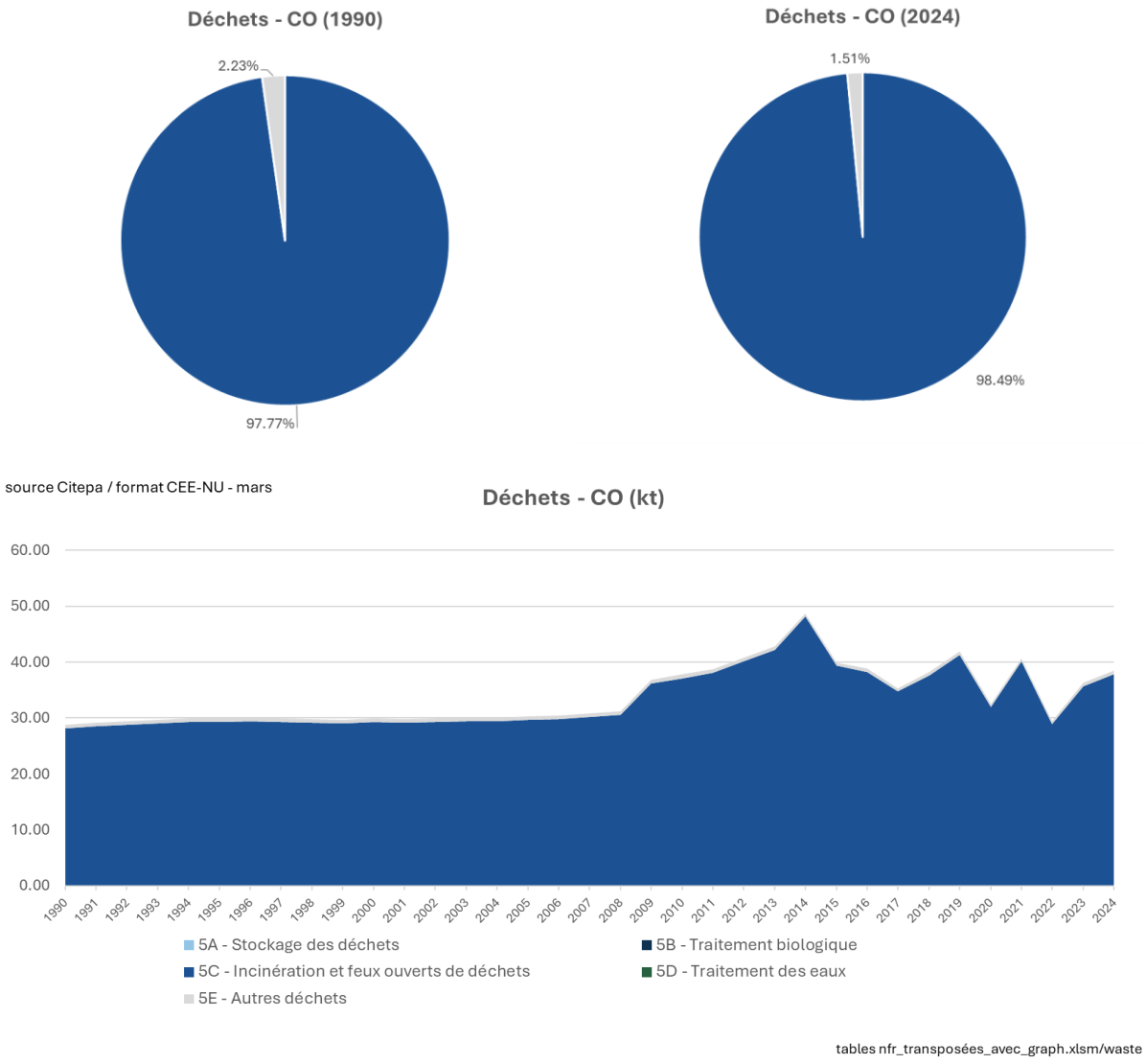


Figure 177 : Evolution et répartition des émissions de CO du secteur déchets (kt)

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_2. De plus selon l'équilibre de Boudouard[19], 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

[19] $C_{(s)} + CO_{2\,(g)} \longrightarrow 2\,CO_{(g)}$.

déchets verts par les particuliers. Comme pour les NO_x, les émissions de CO provenant des autres déchets sont issues des feux de véhicules.

6.2.6 Emissions de particules

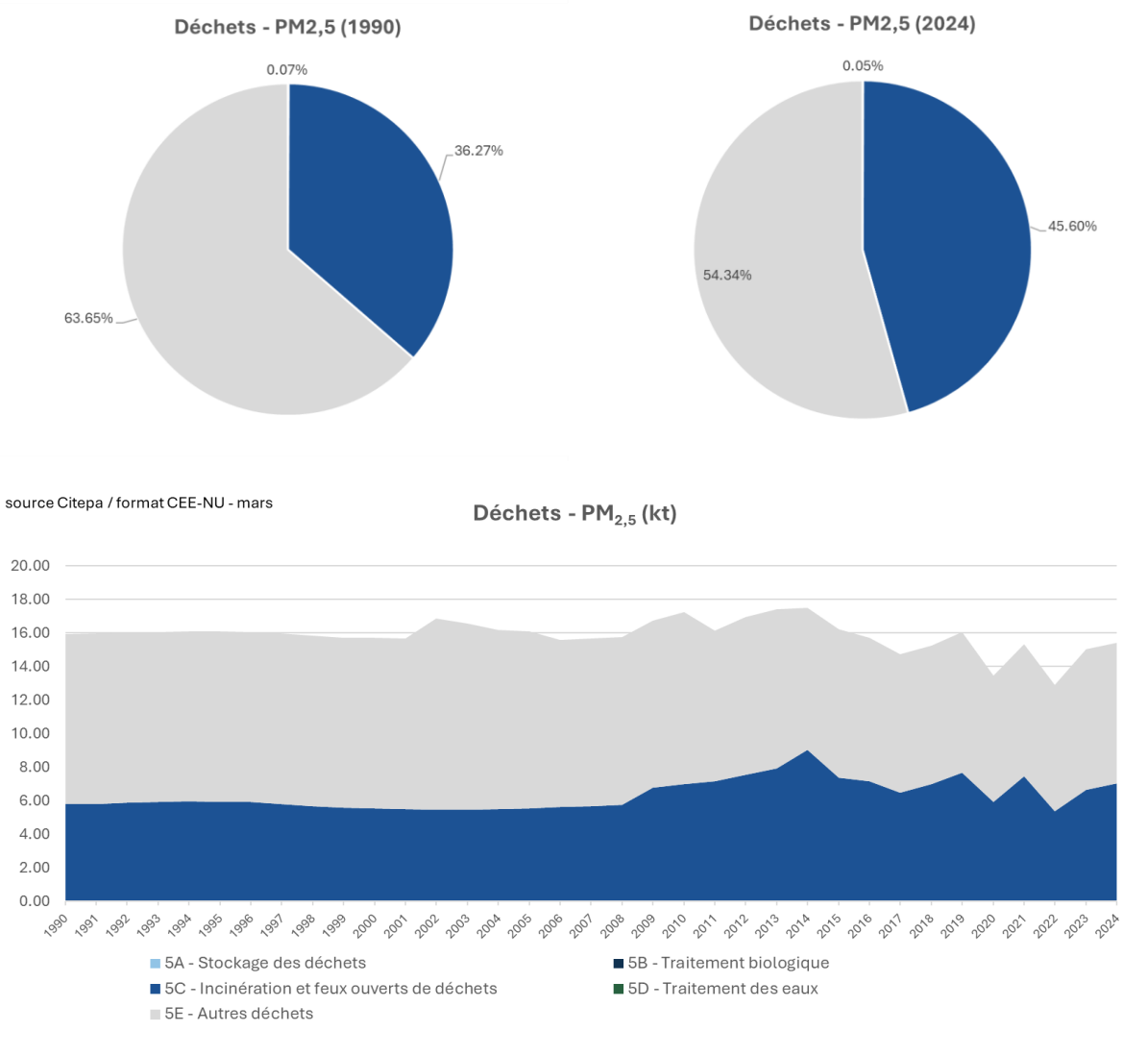


Figure 178 : Evolution et répartition des émissions de $PM_{2,5}$ du secteur déchets (kt)

Les rejets de particules fines sont engendrés par trois sous-secteurs dont la contribution est diverse. En premier lieu les « autres déchets », puis l'incinération et enfin dans une bien moindre mesure le stockage en décharges. Les principales sources de $PM_{2,5}$ sont le brûlage à l'air libre de déchets verts, les feux de véhicules et les incendies de bâtiments. En France, en 2024, le secteur des déchets représente 9% des émissions des $PM_{2,5}$, avec une répartition de près de 54% pour les « autres déchets » (5E) et 45% pour l'incinération (5C).

Entre 1990 et 2024, les rejets de la catégorie 5E ont baissé de près de 17%, 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 2024.

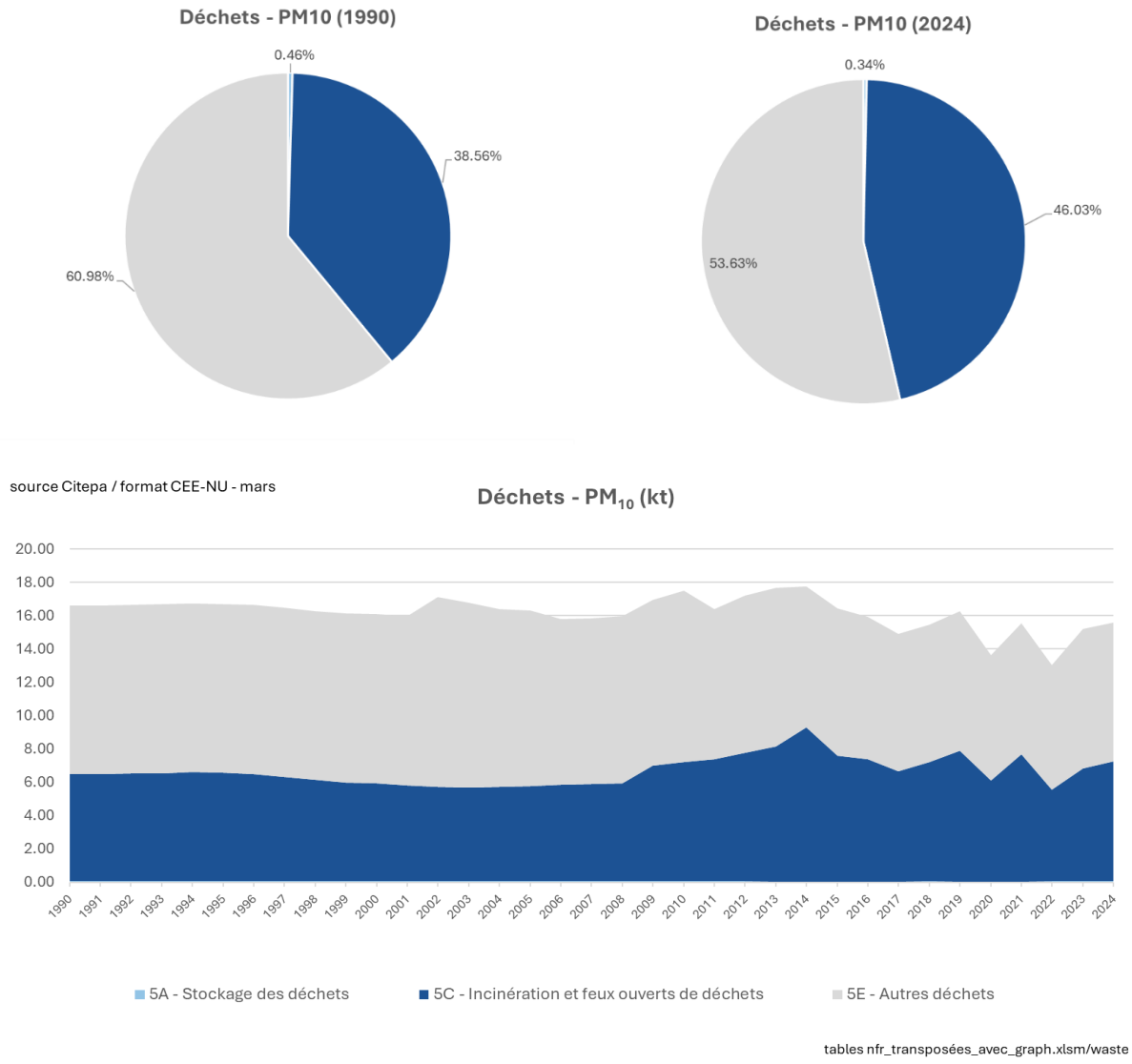


Figure 179 : Evolution et répartition des émissions de PM_{10} du secteur déchets (kt)

On observe une situation très similaire entre les $PM_{2,5}$ et les PM_{10}. L'incinération des déchets et les feux de véhicules et de bâtiments en sont les principales sources. En

France, en 2024, le secteur des déchets représente 7% des émissions des PM_{10}, avec une répartition de 54% pour les « autres déchets » (5E) et 46% pour l'incinération (5C).

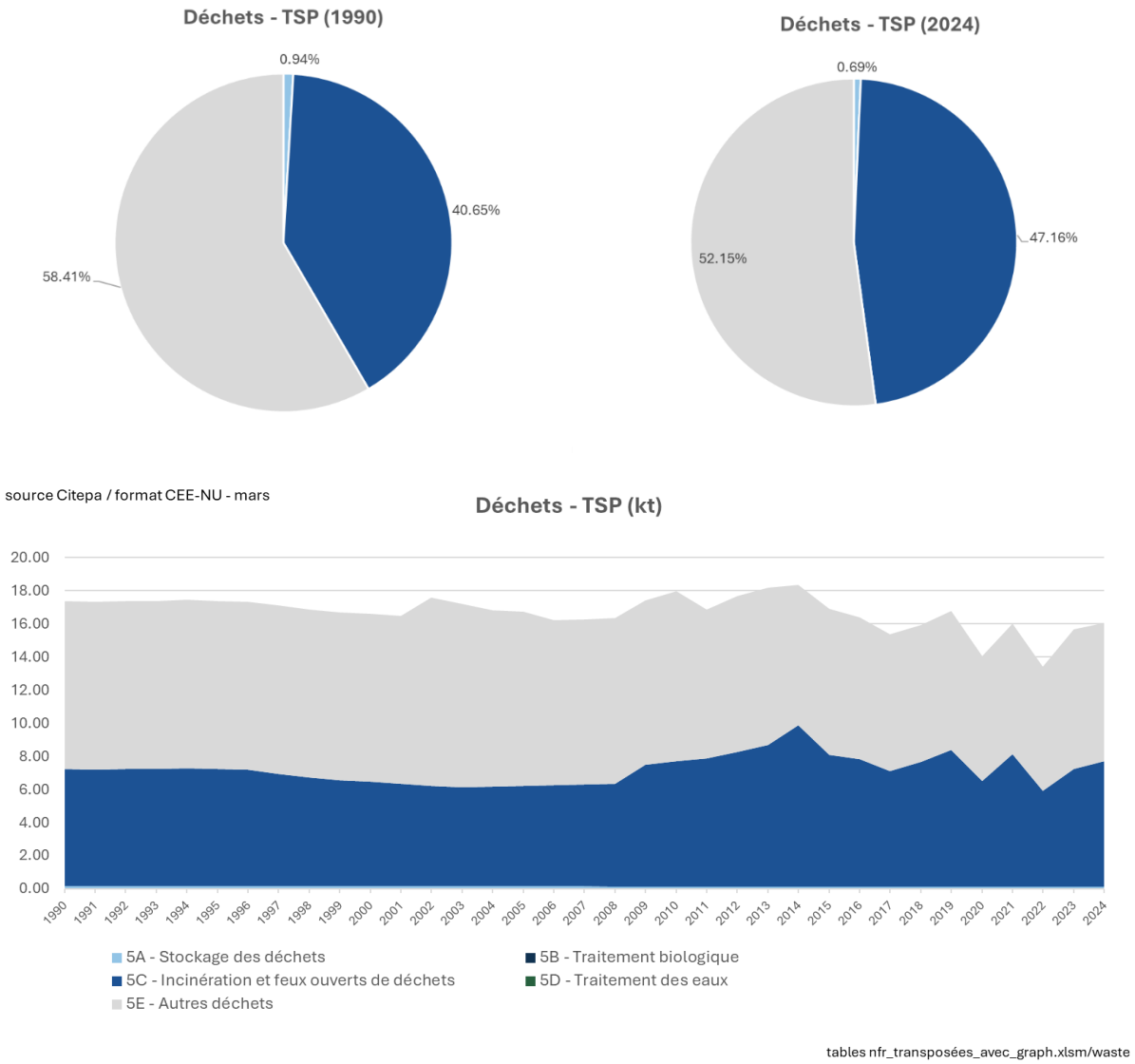


Figure 180 : Evolution et répartition des émissions de TSP du secteur déchets (kt)

Les principales sources de ces rejets sont les feux de bâtiments et de véhicules, l'incinération de déchets et la crémation des corps humains et dans une moindre mesure, le stockage (moins de 1% du total national en 2024).

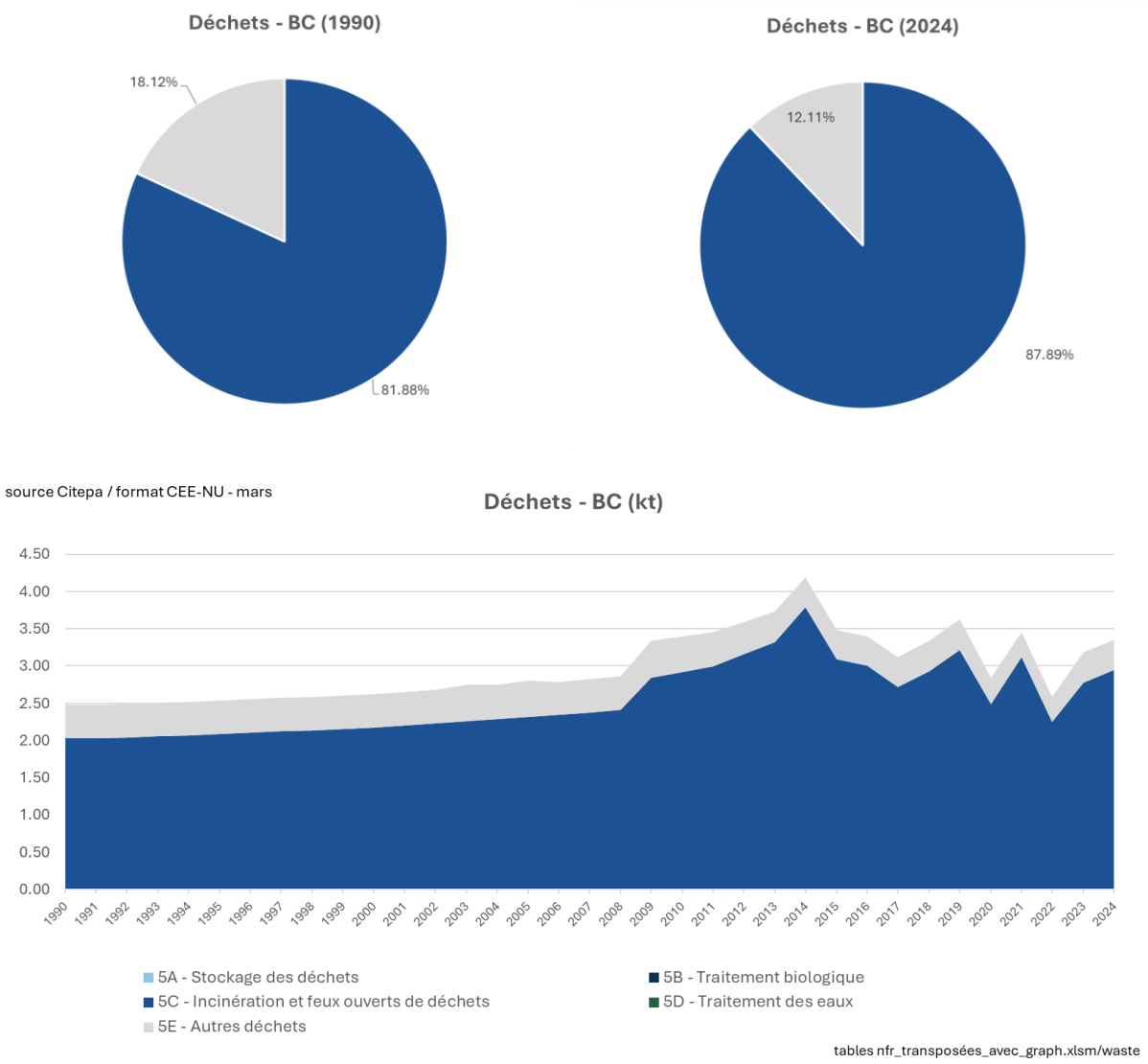


Figure 181 : Evolution et répartition des émissions de BC du secteur déchets (kt)

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_{10} et $PM_{2,5}$, la principale source de rejets dans le secteur des déchets est l'incinération des déchets (82% en 1990 et 88% en 2024). La filière des autres déchets est le second émetteur de carbone suie (18% en 1990 et 12% en 2024).

En France, en 2024, le secteur des déchets représente 13% des émissions du carbone suie, avec une répartition de 12% pour les « autres déchets » (5E) et 88% pour l'incinération (5C).

6.2.7 Emissions de Pb

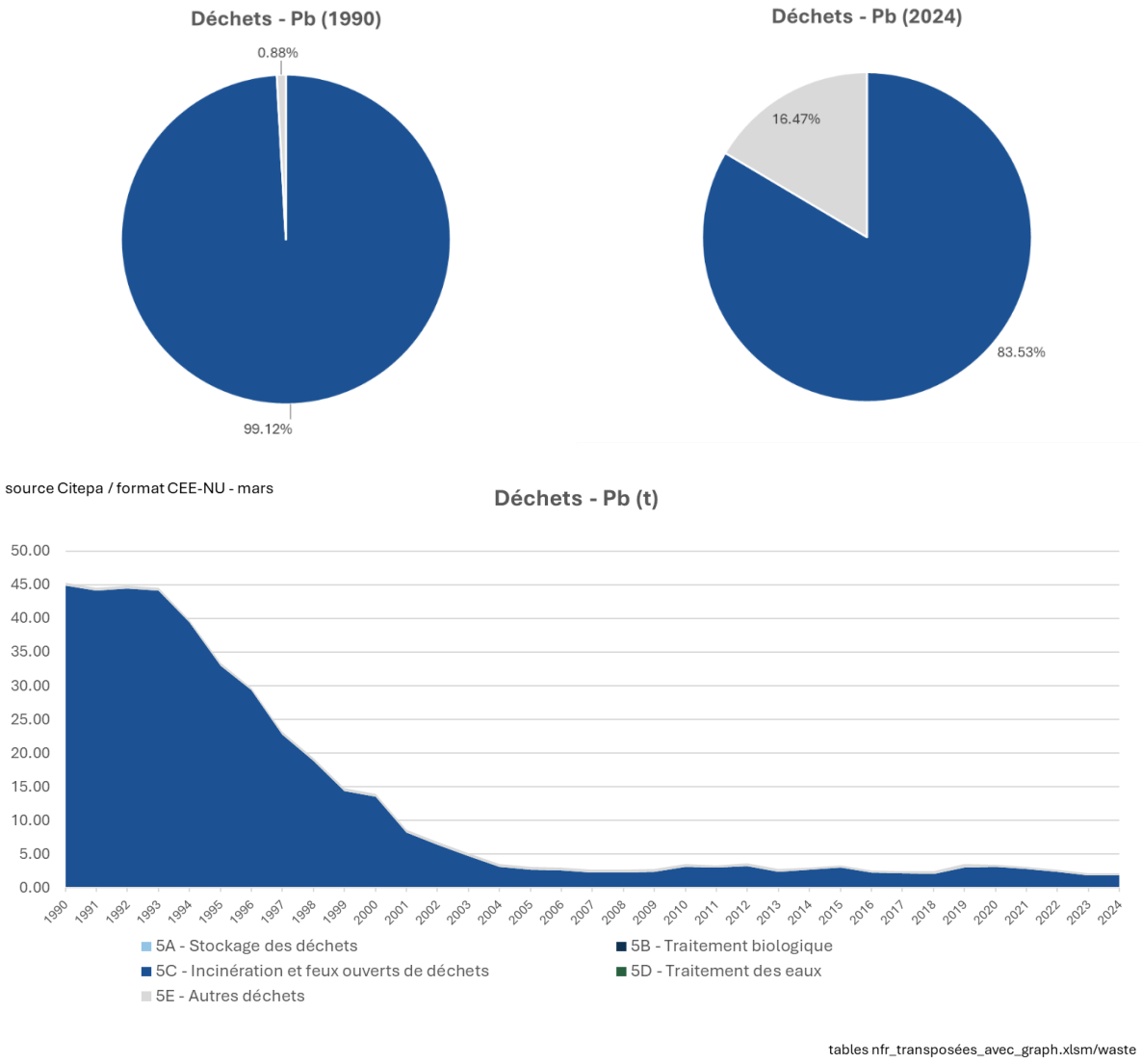


Figure 182 : Evolution et répartition des émissions de Pb du secteur déchets (t)

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 2024, le secteur des déchets représente 2,4% des émissions du plomb.

On constate une très forte diminution des rejets entre 1990 et 2024 (-95%), 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 84% en 2024.

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.

6.2.8 Emissions de Cd

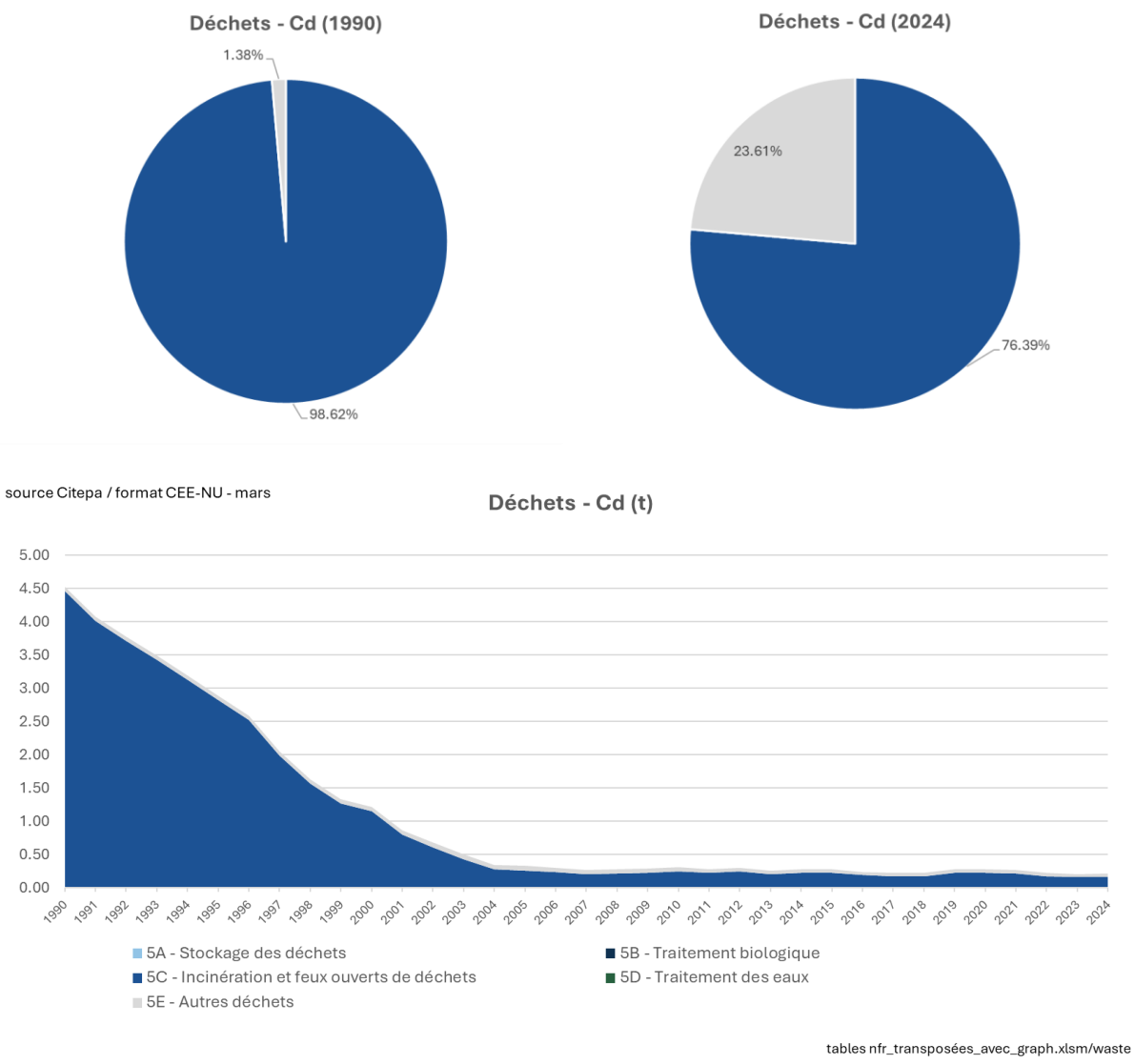


Figure 183 : Evolution et répartition des émissions de Cd du secteur déchets (t)

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 – 2024 : 0,06 t en 1990 contre 0,05 t en 2024.

En France, en 2024, le secteur des déchets contribue à hauteur de 7% aux émissions totales de Cd.

6.2.9 Emissions de Hg

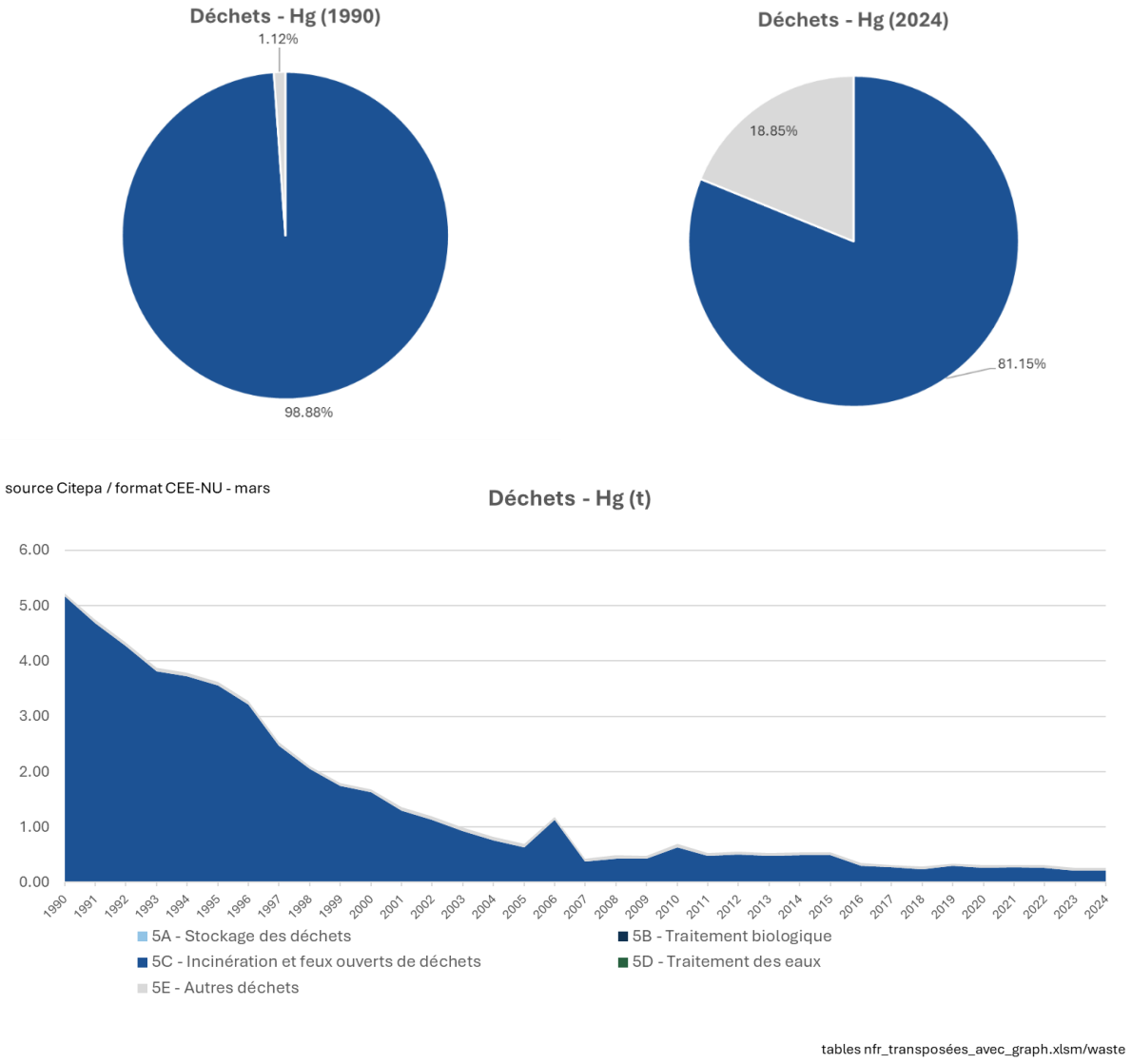


Figure 184 : Evolution et répartition des émissions de Hg du secteur déchets (t)

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 2024, le secteur des déchets contribue à hauteur de 13% 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).

6.2.10 Emissions de PCDD-F

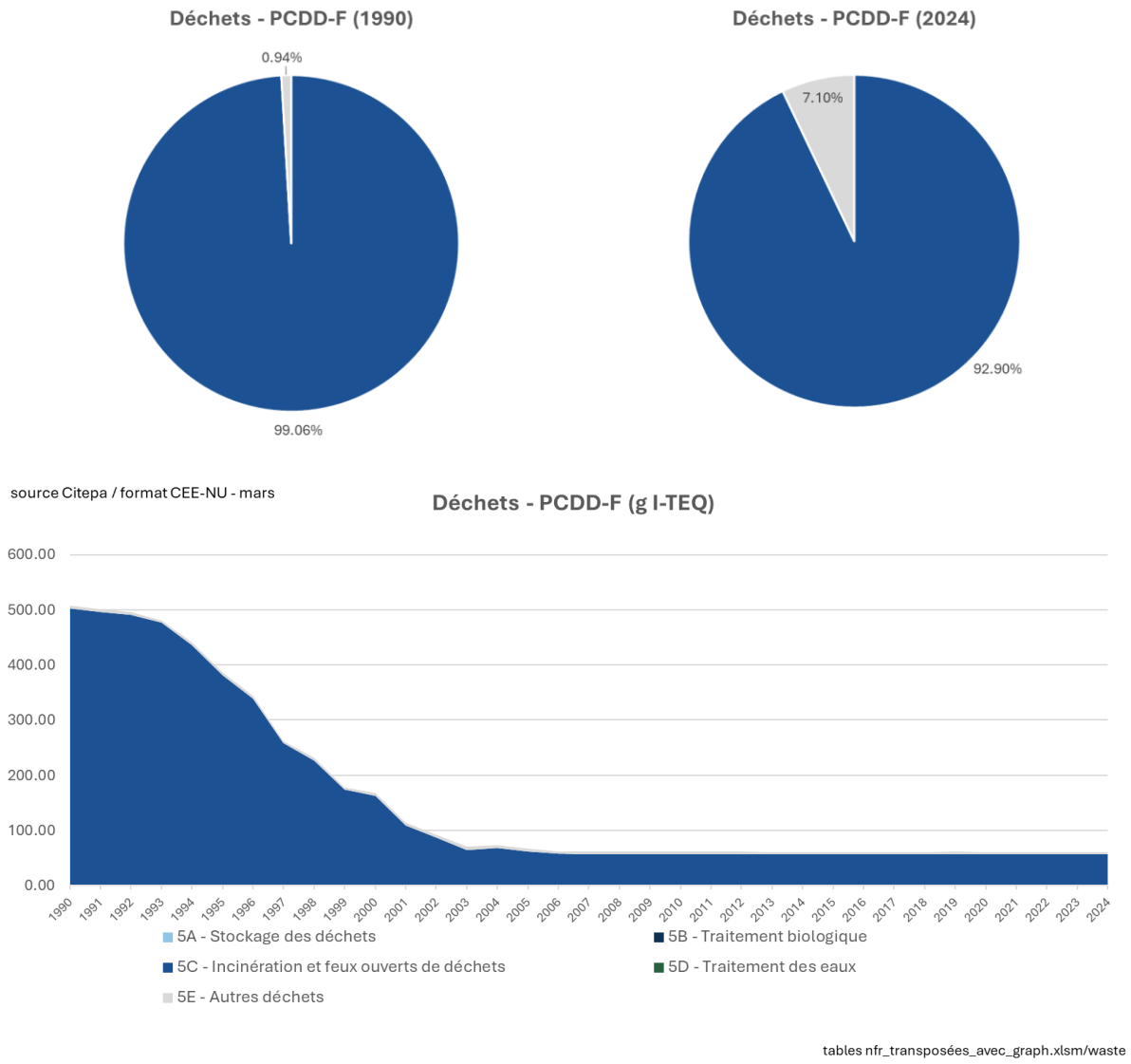


Figure 185 : Evolution et répartition des émissions de PCDD-F du secteur déchets (g I-TEQ)

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 2024, le secteur des déchets contribue à hauteur de 52% 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 2024, celui-ci représente « seulement » 93%.

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 7,0% en 2024.

6.2.11 Emissions de HAPs

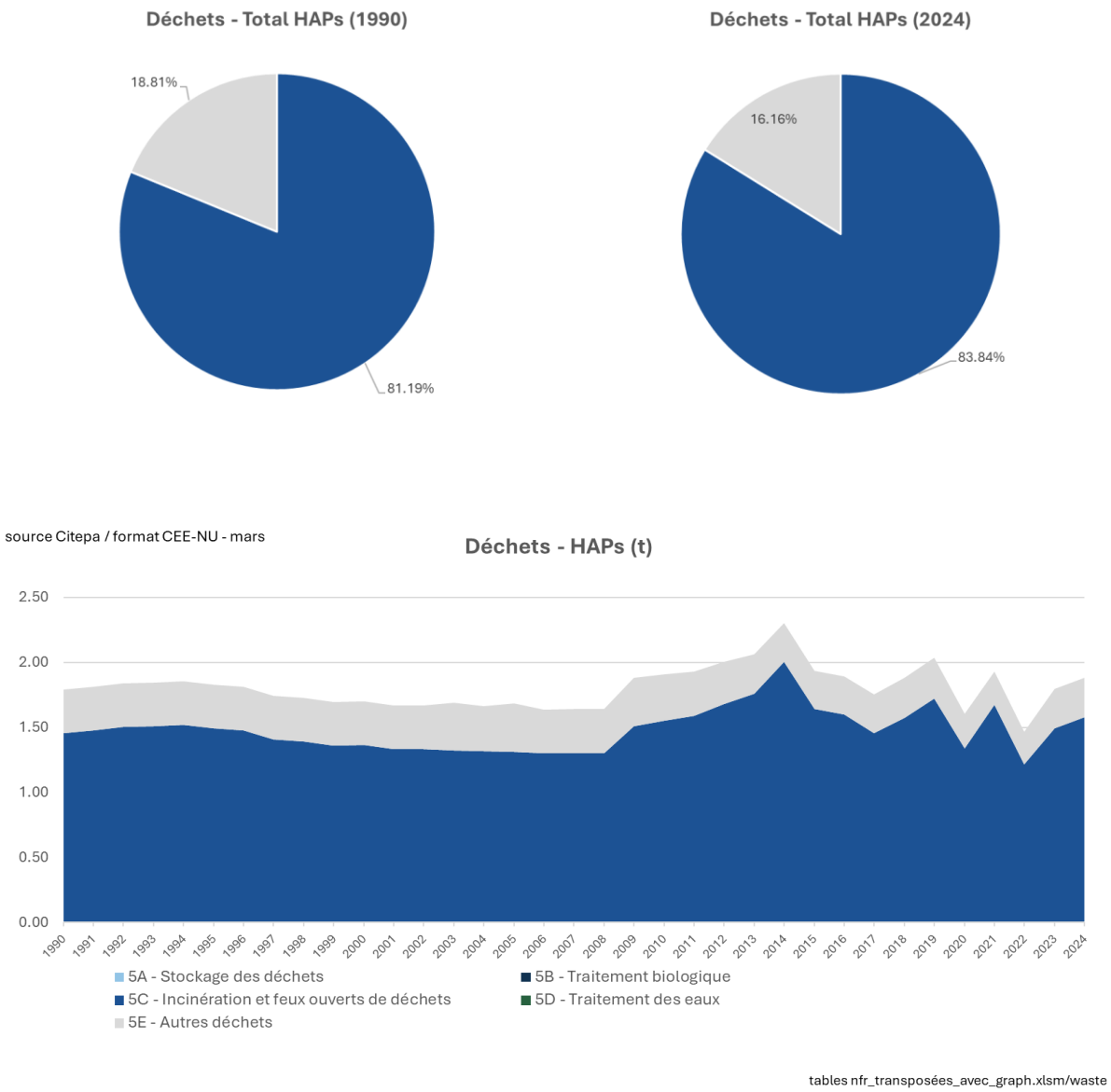


Figure 186 : Evolution et répartition des émissions de HAPs du secteur déchets (t)

Le secteur des déchets est un faible contributeur aux émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques en France et ne représente que 6% des émissions totales en 2024.

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.

6.2.12 Emissions de HCB

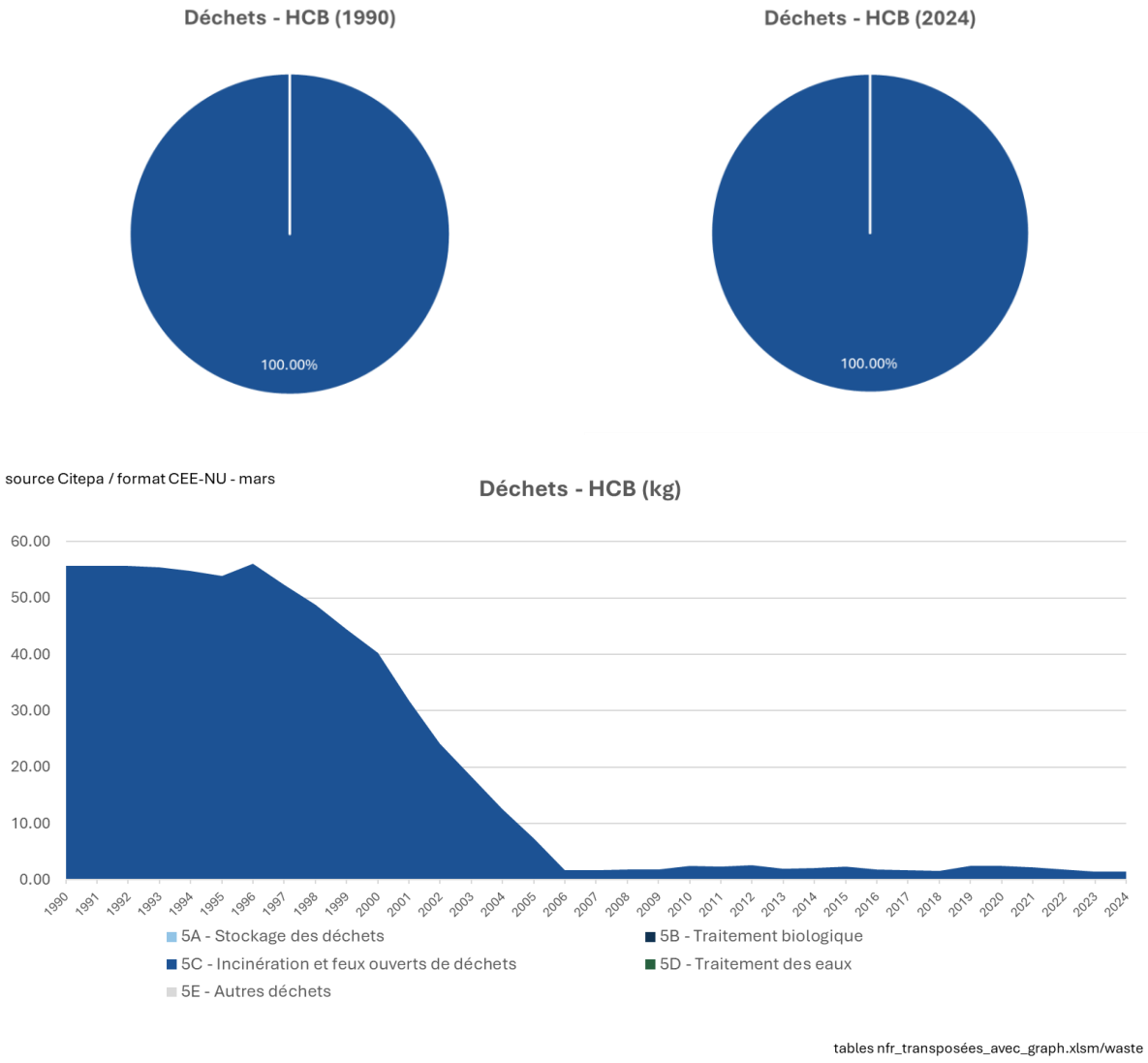


Figure 187 : Evolution des émissions de HCB du secteur déchets (kg)

Les émissions de HCB (hexachlorobenzène) du secteur Déchets sont liées à l'incinération (5C). Le secteur des déchets contribue de façon importante en 2024 avec

près de 22% 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).

6.2.13 Emissions de PCB

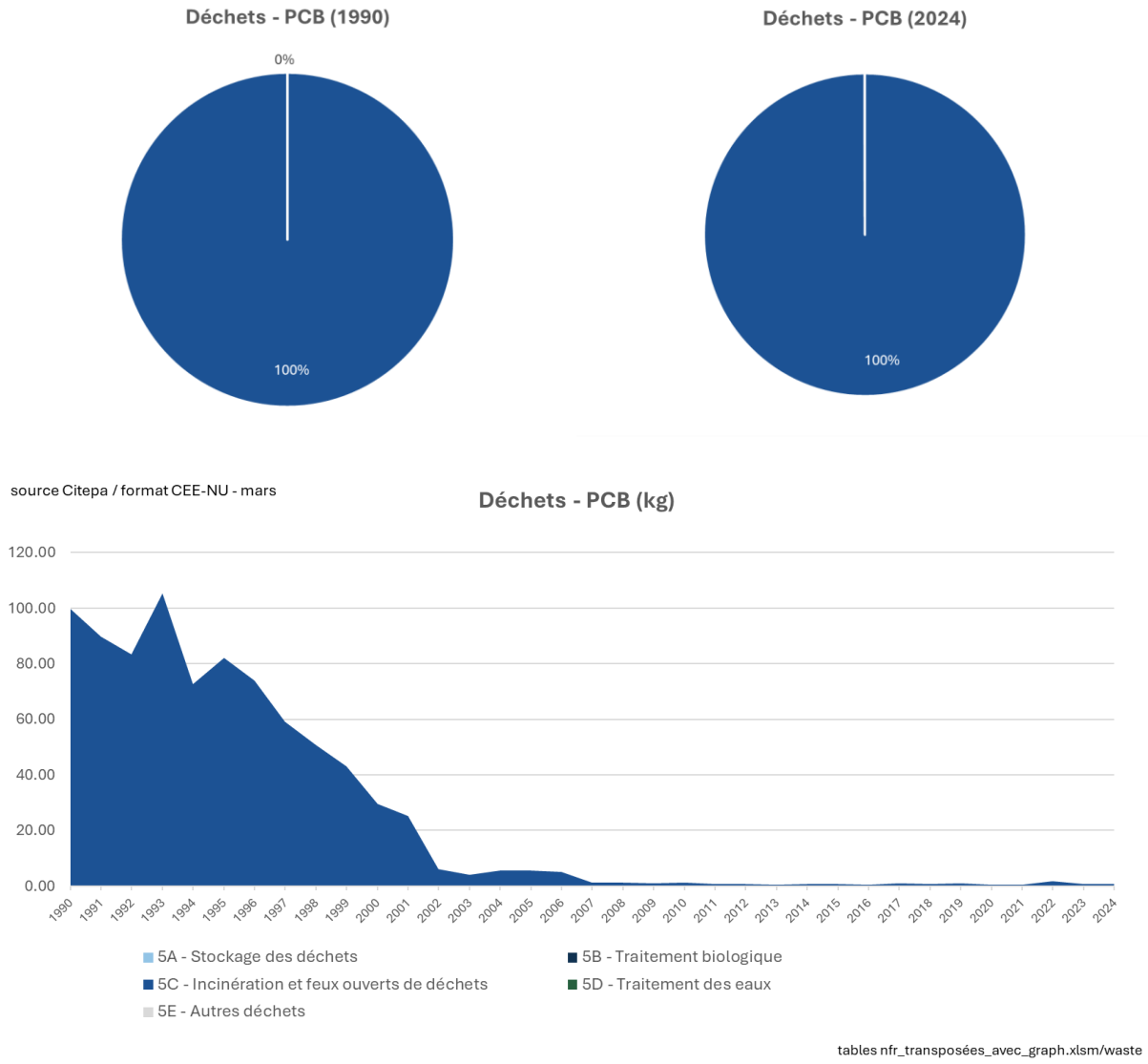


Figure 188 : Evolution et répartition des émissions de PCB du secteur déchets (kg)

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).

6.3 Stockage des déchets (5A)

6.3.1 Caractéristiques de la catégorie

Le secteur 5A n'est pas catégorie clé en niveau en 2024. Le secteur 5A n'est pas catégorie clé en évolution.

Les Installation 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.). Dans l'Hexagone et 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 (Hexagone 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 2022, 165 installations en exploitation, toutes de type compacté [32].

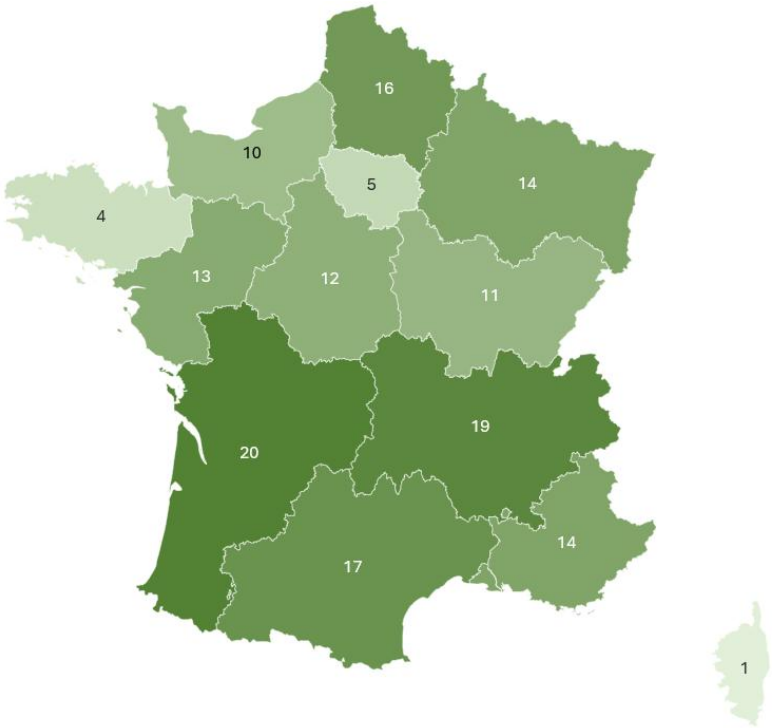


Figure 189 : Parc français des installations de stockage de déchets non dangereux selon l'enquête ITOM en 2022

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.

6.3.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea/.

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 2024 et traite des déchets ménagers traités en 2022. Cette enquête et les données associées concernent la France hexagonale et l'outre-mer.

A partir de l'édition 2025, les quantités de déchets stockés en ISDND sont transmises par la DGPR et la DGFIP dans le cadre de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes [1351]. Les données transmises au Citepa dans ce cadre s'étalent sur la période courant de 2008 à 2024. Néanmoins, au moment du calcul, les données relatives aux déchets dangereux pour l'année 2024 ne sont pas disponibles. Le tonnage total est ainsi calculé comme la somme des déchets non dangereux mis en décharge en 2024 et des déchets dangereux de l'année 2023. Pour les années antérieures, les données issues des enquêtes de l'ADEME sont conservées. Toutefois concernant la composition des déchets est toujours estimée sur la base des enquêtes ITOM.Ces données permettent de remonter à et de distinguer les quantités stockées dans l'Hexagone des quantités stockées dans les territoires inclus dans l'UE. Les quantités sont rétropolées 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 (NOx, SO_2, etc.).

Emissions de SO_2

Les émissions de SO_2 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 NOx

Les émissions de NOx sont déterminées sur la base des quantités de CH_4 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^3 de CH_4.

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_4 [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_{COVNM} (g/Mg)	1990	2000	2010	2020	2024
Stockage en sites compactés des déchets	199,89	186,09	264,20	209,03	261,87
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_3

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	2024
Quantité totale déchets minéraux manipulés	350 654	350 654	248 300	208 615	239 748

Cette activité n'est considérée que pour la France hexagonale 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

Comme pour les TSP, les facteurs d'émission des PM_{10} et $PM_{2,5}$ 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 $PM_{1,0}$ est considéré égal à celui des $PM_{2,5}$.

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.

Emissions de Métaux lourds (ML)

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

Emissions de Dioxines et furannes (PCDD-F)

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

Emissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions issues de la combustion du biogaz sont négligées.

6.3.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

6.3.5 Recalculs

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 241 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5A

5A – Waste disposal	
Données d'activité	Modification de la source de données primaires pour les déchets stockés dans l'Hexagone. Désormais, le Citepa utilise les données issues de la TGAP.
COD	/
NOx	/
SOx	
COVNM	/
TSP	/

6.3.6 Améliorations envisagées

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 2023 et poursuivit en 2024. Il est prévu de continuer de dialoguer avec les sites de stockage afin de continuer de consolider les résultats.

6.4 Traitement biologique (5B)

6.4.1 Caractéristiques de la catégorie

Le secteur 5B n'est pas catégorie clé en niveau en 2024. Le secteur 5B n'est pas catégorie clé en évolution pour le NH_3 en 2024.

6.4.1.1 Compostage (NFR 5B1)

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.

6.4.1.2 Méthanisation (NFR 5B2)

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_4) et du digestat (comportant une fraction solide et une fraction liquide) pouvant servir de matière fertilisante ou d'amendement.

6.4.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea.

Données d'activité

Les quantités de déchets traités par compostage et méthanisation dans l'Hexagone et 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	2024
Unité	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
Compostage industriel (Hexagone)	1 462	3 666	5 589	8 618	7 010
Compostage domestique	1 670	1 893	2 355	3 319	3 391

Catégorie	1990	2000	2010	2020	2024
Unité	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
Déchets méthanisés (Hexagone)	33	90	251	915	412

L'estimation des quantités d'effluents d'élevage traitées par méthanisation est présentée en section « 3B Manure Management ».

6.4.2.1 Compostage (NFR 5B1)

Emissions de NH_3

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_3 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_3/t MS	kg N-NH_3/t MS	kg N-NH_3/t MS	kg N-NH_3/t MS
Facteur d'émission	0.20	1.00	5.00	5.00

La conversion en kg de NH_3/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 N-NH_3/t MS	g N-NH_3/t MS	g N-NH_3/t MS	g N-NH_3/t MS
Facteur d'émission	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_3 lors du compostage industriel sont les suivants :

Catégorie	Déchets verts	OM mélange	Biodéchets	Boues et autres
Unité	g NH_3/t	g NH_3/t	g NH_3/t	g NH_3/t
Facteur d'émission	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_3/t
- Déchets de cuisine : 13,5 gNH_3/t

6.4.2.2 Méthanisation (NFR 5B2)

Emissions de NH_3

Les émissions de NH_3 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_3-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_{total}	/	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_3 sont alors estimés comme suit :

$$FE(NH_3) = (1 - \%hum) \times FE_{NH3-N}\ (en\ kg\ NH_3 - N/\ kg\ N) \times \frac{17}{14}$$

L'estimation des émissions de NH_3 (pré-stockage et stockage) liées aux quantités d'effluents d'élevage traitées par méthanisation est présentée en section « 3B Manure Management ».

6.4.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

6.4.5 Recalculs

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 242 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5B

5B – Biological treatments	
Données d'activité	Très légère mise à jour des données d'activité concernant le compostage domestique liée à la mise à jour des données de population sur la période 2021 - 2024. Mise à jour de la part du compostage de déchets domestiques (%) en 2024 avec la dernière édition du baromètre environnement de l'ADEME. Mise à jour de la quantité de déchets verts traités par « gestion domestique » en 2024 proportionnellement à l'évolution du nombre de logements (impact sur les années 2021 à 2023)
Facteurs d'émission	Très légère baisse du FE NH3 suite à recalculs dans la fiche méthodologique élevage en section « 3B Manure Management » (impact 1990-2023)

6.4.6 Améliorations envisagées

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.

6.5 Incinération des déchets (5C)

6.5.1 Caractéristiques de la catégorie

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 243 : Polluants pour lesquels le secteur 5C est source clé

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
$PM_{2,5}$	5	4.2%	-	-
BC	3	11.4%	-	-
Cd	8	5.5%	1	23.8%
Hg	4	10.9%	2	20.9%
PCDD/F	1	48.6%	2	26.3%
HCB	2	22.1%	-	-
PCB	-	-	1	66.1%

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.

6.5.1.1 Incinération (NFR 5C1)

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 industrielles exclusivement dédiées 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.

6.5.1.2 Feux ouverts (NFR 5C2)

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 CO2 sont estimées dans l'inventaire français. Cependant, lLes émissions de polluants associées aux feux de résidus de cultures sont estimées et rapportées en 3F.

6.5.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-ominea.

6.5.2.1 Incinération (NFR 5C1)

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 dans l'Hexagone et 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 2024 et concerne les données de l'année 2022.

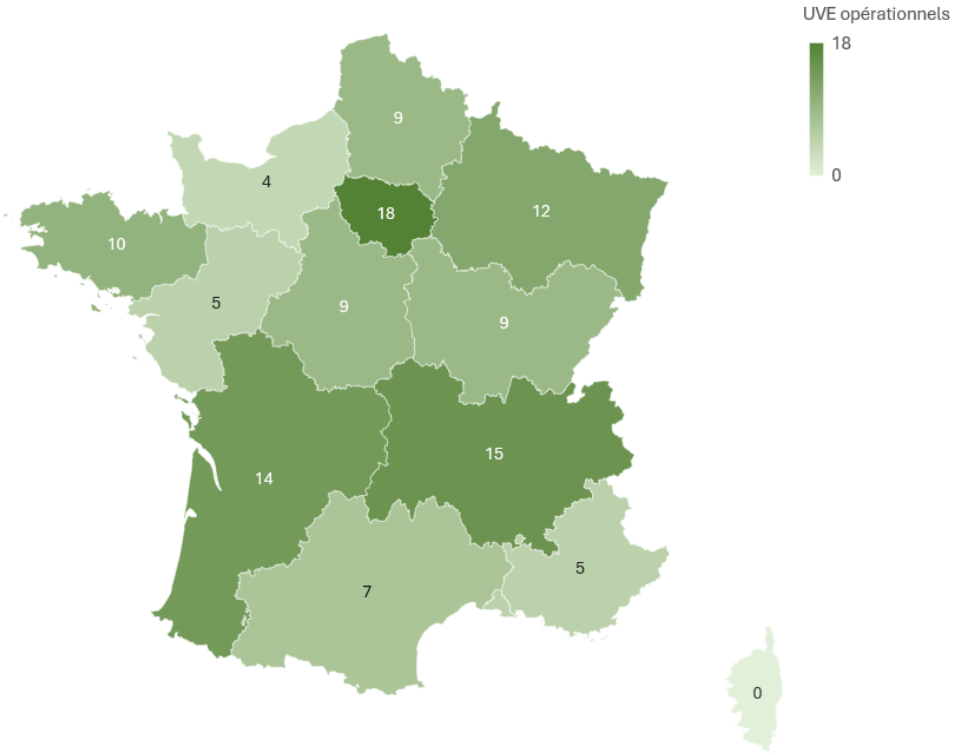


FIGURE 190 : PARC FRANÇAIS DES INSTALLATIONS D'INCINERATION DE DECHETS NON DANGEREUX SELON L'ENQUETE ITOM EN 2022

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 disparaitre peu à peu au profit notamment de l'incinération avec récupération d'énergie et ne devrait plus exister à partir de 2025. En 2022, le parc d'incinérateurs des ordures ménagères couverts par l'enquête de l'ADEME faisait état de 117 sites équipés de dispositifs de récupération énergétique et seulement deux sites sans.

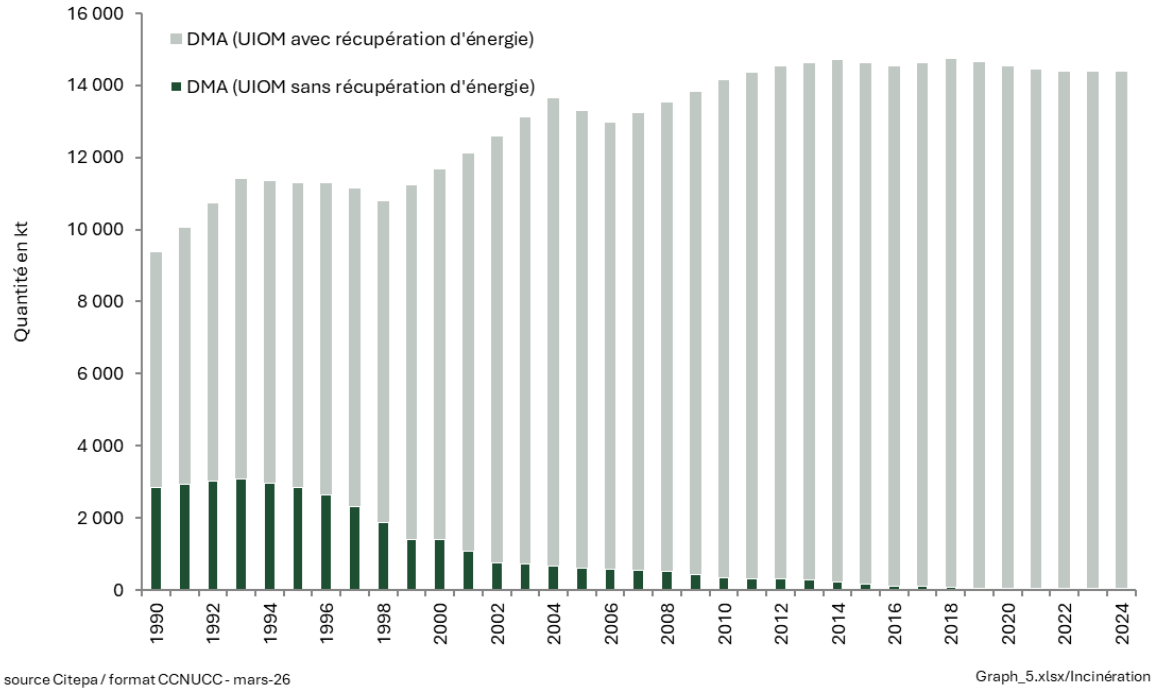


Figure 191 : Quantité de DMA (kt) avec et sans récupération d'énergie (Hexagone et DOM)

Emissions de SO_2

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 244 : Facteurs d'émission de SO2 associés à l'incinération de déchets ménagers (g SO2/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
SO_2	907,4	341,7	58,06	66,71	70,99

Emissions de NOx

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 245 : Facteurs d'émission de NOx associés à l'incinération de déchets ménagers (g NOx/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
NOx	1 597	1 532	630	536	457

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 246 : Facteurs d'émission de COVNM associés à l'incinération de déchets ménagers (g COVNM/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
COVNM	120,12	50,03	5,77	4,46	3,88

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 247 : Facteurs d'émission de CO associés à l'incinération de déchets ménagers (g CO/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
CO	700,00	340,25	53,32	56,09	67,90

Emissions de NH_3

Les installations équipées d'équipement de réduction des émissions d'oxydes d'azote (De-NOx) de type SCR et SNCR sont émetteurs de NH3. Le premier DeNOx (de type SCR) a été installé en 1998. Le facteur d'émission de NH3 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-NOx SCR ou SNCR (11 g NH3 / tonne déchets incinérée), ramené au rapport de la quantité de déchets incinérés avec De-NOx 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 248 : Facteurs d'émission de NH3 associés à l'incinération de déchets ménagers (g NH3/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
NH_3	0	1,53	14,21	13,72	14,23

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 249 : Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets ménagers (g TSP/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
TSP	350,0	215,4	8,37	7,27	6,87

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Seules les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm sont déterminées en utilisant la granulométrie tirée de la référence [68].

Tableau 250 : Granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des TSP totales
PM_{10}	95
$PM_{2.5}$	78
PM_1	(nd)

(nd) : non disponible

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

La part du BC dans les émissions de $PM_{2,5}$ est de 3,5% selon le guide EMEP/EEA [569].

Emissions de 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 251 : Facteurs d'émission de métaux lourds associés à l'incinération de déchets ménagers (mg ML/Mg de déchets)

Mg/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
As	77,32	40,02	26,17	1,37	0,92
Cd	604,00	364,65	16,42	11,22	14,43
Cr	349,33	151,86	82,89	33,83	19,40
Cu	1 251,2	1 181,1	62,60	79,68	45,31
Hg	972,67	343,90	42,56	26,35	12,79
Ni	875,58	234,57	35,81	44,68	28,33
Pb	8 804,09	6 512,17	91,56	60,78	54,17
Zn	15 660,00	4 873,68	588,75	670,63	647,28

Emissions de 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.

Emissions d'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.

Emissions de 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.

Emissions de 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).

- **Incinération 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_2

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 252 : Facteurs d'émission de SO_2 associés à l'incinération de déchets dangereux (g SO_2/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
SO2	220,9	125,9	76,3	47,1	27,0

Emissions de NOx

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 253 : Facteurs d'émission de NOx associés à l'incinération de déchets dangereux (g NOx/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
NOx	1 199	1 236	921,2	735,4	509,85

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 254 : Facteurs d'émission de COVNM associés à l'incinération de déchets dangereux (g COVNM/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
COVNM	30,4	22,9	10,0	12,6	8,5

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 255 : Facteurs d'émission de CO associés à l'incinération de déchets dangereux (g CO/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
CO	149,3	149,3	74,1	67	69

Emissions de NH_3

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances.

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 256 : Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets dangereux (g TSP/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
TSP	600,0	287,6	34,6	5,3	3,4

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm sont déterminées en utilisant la granulométrie issue du guide EMEP/EEA [370].

Tableau 257 : Granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des TSP totales
PM_{10}	40
$PM_{2.5}$	40
PM_1	(nd)

(nd) : non disponible

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

La part du BC dans les émissions de $PM_{2,5}$ est de 3,5% selon le guide EMEP/EEA [569].

Emissions de 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 258 : Facteurs d'émission de métaux lourds associés à l'incinération de déchets dangereux (mg ML/Mg de déchets)

Mg/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
As	100,0	74,4	53,2	2,2	1,6
Cd	400,0	199,3	19,4	16,2	8,7
Cr	558,4	496,8	226,7	58,0	24,7
Cu	1 200	607,5	106,9	103,4	66,1
Hg	1 000	586,6	184,5	22,9	19,9
Ni	900,0	480,6	86,7	60,6	60,2
Pb	653,3	588,9	159,6	72,2	56,2
Zn	588,4	568,2	652,8	840,2	401,8

Emissions de 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 illégal, 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 brulés.

Emissions d'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.

Emissions de 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).

Emissions de 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 dans l'Hexagone. 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_2, NOx, 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 NOx, SO2 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 259 : Facteurs d'émission de SO2, NOx, COVNM et CO associés à l'incinération de déchets de soins (g/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
SO2	1 300	802,2	51,7	187,3	19
NOx	1 500	1 386	826	1 106	163
COVNM	300	217,5	2,7	24,8	4
CO	1 400	1 100	80,55	242,74	35

Emissions de NH_3

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 260 : Facteurs d'émission de TSP associés à l'incinération de déchets de soins (g TSP/Mg de déchets)

g/Mg	1990	2000	2010	2020	2024
TSP	2 200	1 252,8	14,2	18,8	2,6

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

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 261 : Granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des TSP totales
PM10	95
PM2.5	78
PM1	(nd)

(nd) : non disponible

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

La part du BC dans les émissions de PM2,5 est de 18% selon l'inventaire de BC norvégien [681].

Emissions de 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 262 : 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	2024
As	70,0	86,9	96,25	11,34	0,19
Cd	8 000	5 150	94,37	3,14	9,04
Cr	500,0	379,0	354,7	2,27	2,27
Cu	600,0	424,2	201,26	18,43	20,40
Hg	4 500	2 950	243,91	55,34	20,40
Ni	300,0	249,56	163,49	12,82	2,27
Pb	64 000	39 635	177,46	19,38	7,15
Zn	21 000	14 126	215,67	227,30	71,20

Emissions de 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 263 : 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	2024
PCDD-F	250 000	105 268	107,79	255,92	6,73

Emissions d'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.

Emissions de 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.

Emissions de 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.

- **Incinération 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 2024 :

- Epandage agricole (46,5%),
- Compostage (41%),
- Incinération en UIOM, STEP ou site dédié (10,9%),
- Mise en décharge (0,2%),
- Autres (1,5%).

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 dans l'Hexagone. 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.

<u>Données d'activité</u>

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_2, 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 NOx

Pour les NOx, le facteur d'émission du Guidebook EMEP / EEA 2023 [569] a été pris en compte pour toute la période.

Emissions de NH_3

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/Nm3) 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm sont déterminées en utilisant une granulométrie issue de EMEP/EEA [569].

Tableau 264 : granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des PM totales
PM10	65
PM2.5	43
PM1	(nd)

(nd) : non disponible

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

La part du BC dans les émissions de $PM_{2,5}$ est de 3,5% selon le guide EMEP/EEA [569].

Emissions de 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].

Emissions de 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.

Emissions d'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].

Emissions de 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.

Emissions de 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 dans l'Hexagone et 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 (NOx, SO2, 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_2, NOx, 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_3

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 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 trois ans entre 2014 et 2018 a été considérée car les crématoriums ont pour la plupart attendu l'approche de l'échéance pour s'équiper.

Emissions de PM_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2.5}$ sont estimées sur la base de la granulométrie des TSP provenant respectivement de l'OFEFP [68] et d'une étude spécifique [183]. La granulométrie $PM_{1.0}$, n'est pas renseignée. Aucune information connue sur la partie condensable.

Tableau 265 : Granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des PM totales
PM_{10}	90
$PM_{2.5}$	80
PM_{1}	n.d.

n.d. : non disponible

Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

La part du BC dans les émissions de $PM_{2,5}$ est de 50% selon l'inventaire de BC norvégien [681].

Emissions de 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 crématoriums 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.

Emissions de 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.

Emissions d'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.

Emissions de 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.

Emissions de 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.

6.5.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

6.5.5 Recalculs

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 266 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5C

5C1 - Waste incineration	
Données d'activité	***Incinération des déchets ménagers sans récupération d'énergie*** Aucun changement ***Incinération de déchets dangereux*** Aucun changement. ***Incinération de déchets de soins*** Mise à jour des tonnages de DASRI incinérés pour l'année 2024. La ligne dédiée aux DASRI du site de Créteil (GIDIC 006506498, Île-de-France – Val-de-Marne) a été définitivement arrêtée en janvier 2023. Depuis, la totalité des déchets précédemment traités sur ce site est redirigée vers la ligne Emeraude. Par ailleurs, une forte baisse des tonnages est observée sur le site de Nouvelle-Aquitaine – Gironde, avec environ 6 400 Mg traités en 2023 contre 1 000 Mg en 2024.

5C1 - Waste incineration	
	En conséquence, les émissions associées à l'incinération des DASRI diminuent nettement en 2024 pour l'ensemble des polluants. ***Incinération de boues d'assainissement*** Mise à jour de la quantité de boues par type d'usage pour 2023-2024. Mise à jour de la population entre 2020 et 2023.***Crémation*** Mise à jour du nombre de corps entre 2020 – 2024.
Facteurs d'émission	***Incinération des déchets ménagers sans récupération d'énergie*** Aucun changement. ***Incinération de déchets dangereux*** Aucun changement. ***Incinération de déchets de soins*** Aucun changement. ***Incinération de boues d'assainissement*** Aucun changement. ***Crémation*** Aucun changement.
5C2 - Open Burning	
Données d'activité	Aucun changement.
Facteurs d'émission	En 2025, une estimation des émissions de métaux lourds associées aux feux ouverts de déchets verts a été réalisée pour la période 1990–2024. Les facteurs d'émission utilisés sont issus de l'étude « Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France » (Nadine Allemand, CITEPA, mars 2003) Ajout des émissions de polluants liées aux feux de plastiques agricoles

6.5.6 Améliorations envisagées

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.

6.6 Traitement des eaux (5D)

6.6.1 Caractéristiques de la catégorie

Le secteur 5D n'est pas catégorie clé en niveau en 2024. 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 2024.

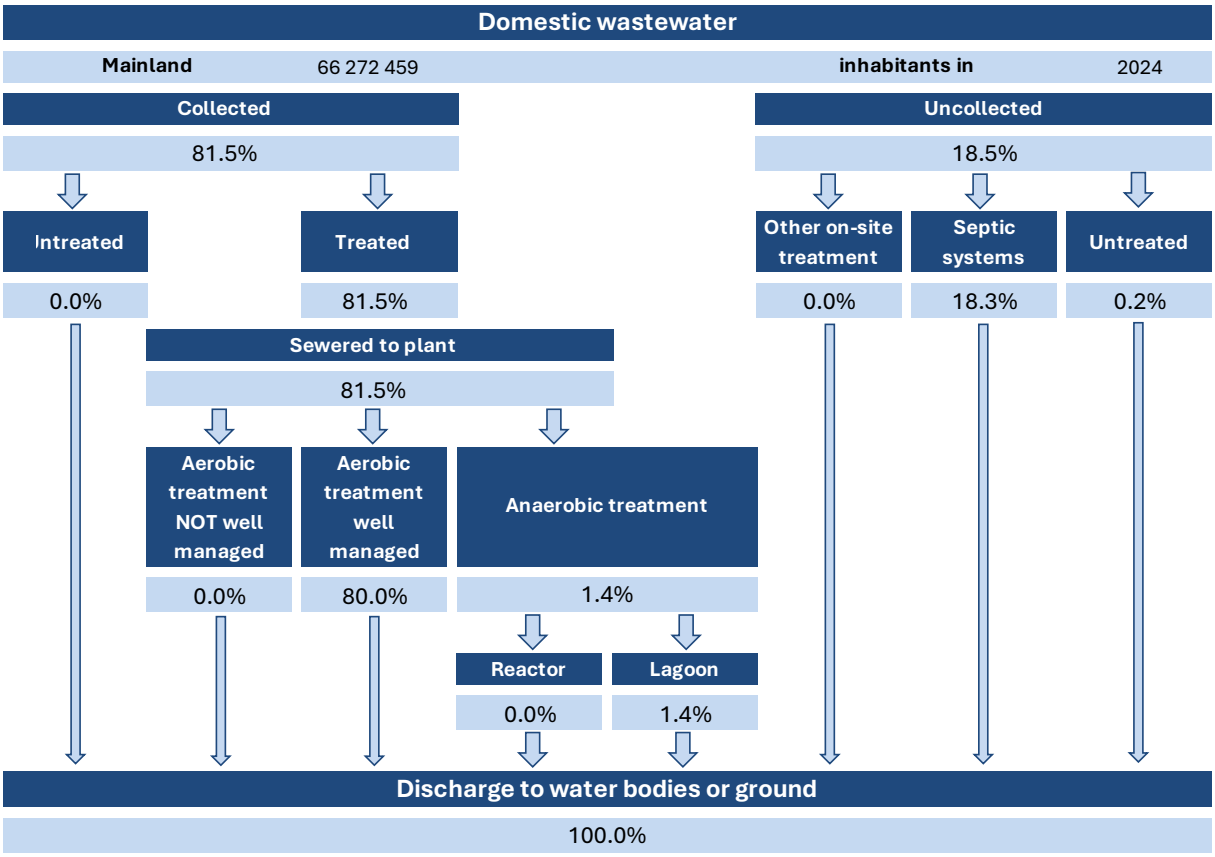


Figure 192 : Répartition de la population pat type de traitement/rejet des eaux usées domestiques en France hexagonale

Les eaux usées d'une part assez importante (environ 18%) 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 (moins de 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 267 : Part de la population pour les principaux types de traitement entre 1990 et 2024

Année	1990	1995	2000	2005	2010	...	2020	2024
Part de la population connectée à une STEP (%)	79	77	78	81	81	81	82	82
Part de la population connectée à une fosse septique (%)	13	16	18	17	17	17	17	18
Part de la population avec rejet direct (%)	8	7	4	2	2	2	1	0

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.

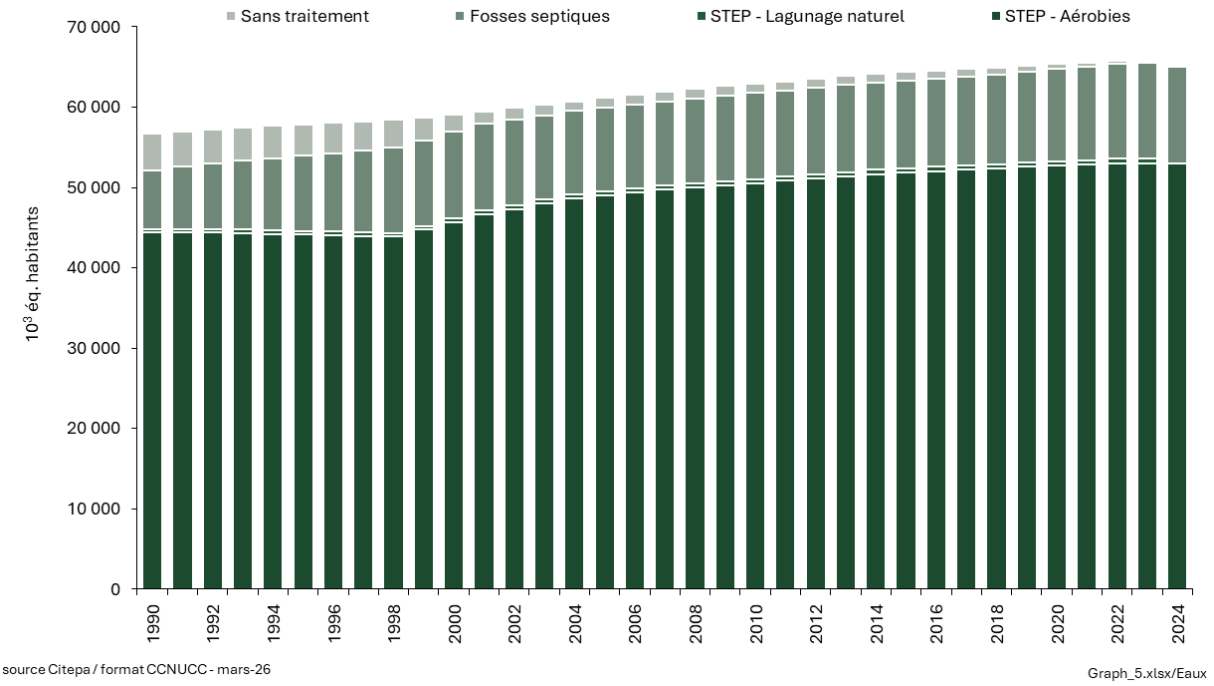


Figure 193 : Evolution des modes de traitement des eaux usées domestiques

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.

6.6.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-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_5 et en DCO sont obtenus à partir des déclarations annuelles pour les années 2016, et entre 2019 et 2023. 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 2023 fourni un facteur d'émission de 15 mg COVNM / m^3 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.

6.6.3 Incertitudes

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

6.6.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

6.6.5 Recalculs

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 268 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5D

5D - Waste water treatment	
COVNM	Mise à jour des données de population 2020-2024.

6.6.6 Améliorations envisagées

Les améliorations envisagées par grand secteur NFR sont présentées dans la section « 8.2 Améliorations envisagées ».

Aucune amélioration envisagée pour ce secteur.

6.7 Autres déchets (NFR 5E)

6.7.1 Caractéristiques de la catégorie

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 :

source Citepa / format CEE-NU - mars 2026 S_cles_NFR.xlsx/Tableaux_rapport

	Niveau		Evolution	
	Rang	Contribution (%)	Rang	Contribution (%)
$PM_{2,5}$	3	5.0%	-	-
Zn	4	8.8%	-	-

Tableau 269 : Polluants pour lesquels le secteur 5E est source clé

6.7.2 Méthodes d'estimation des émissions

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/donnees-air-climat/methodologie-de-linventaire-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.

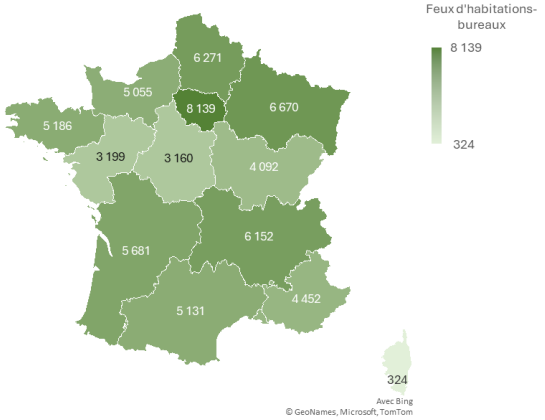
Pour les besoins d'application de la méthodologie EMEP/EEA [1198], l'activité correspond au nombre de feux de bâtiments en distinguant les types de bâtiments suivants :

- feux de maisons individuelles non mitoyennes (MINM)
- feux de maisons individuelles mitoyennes (MIM)
- feux d'immeubles (IM)
- feux de bâtiments industriels (IND)

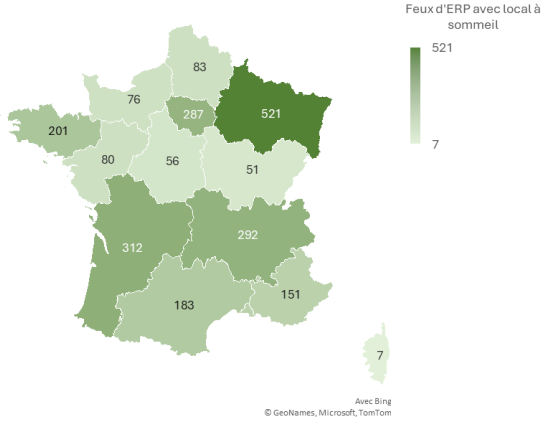
En France, les données du nombre d'incendie par catégorie de bâtiments sont disponibles annuellement dans statistiques des services d'incendie et de secours (SDIS) [566]. La dernière édition disponible est celle de 2024 et concerne les incendies de 2023. Le périmètre géographique couvert par ce rapport annuel [566] ne comprend que l'Hexagone et les DROM (Guadeloupe, Mayotte, la Réunion, la Martinique et la Guyane) sans prendre en considération les COM. 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)

Feux d'habitations-bureaux (en nombre) en France (hors territoires d'outre-mers) en 2023



Feux d'ERP avec local à sommeil (en nombre) en France (hors territoires d'outre-mers) en 2023



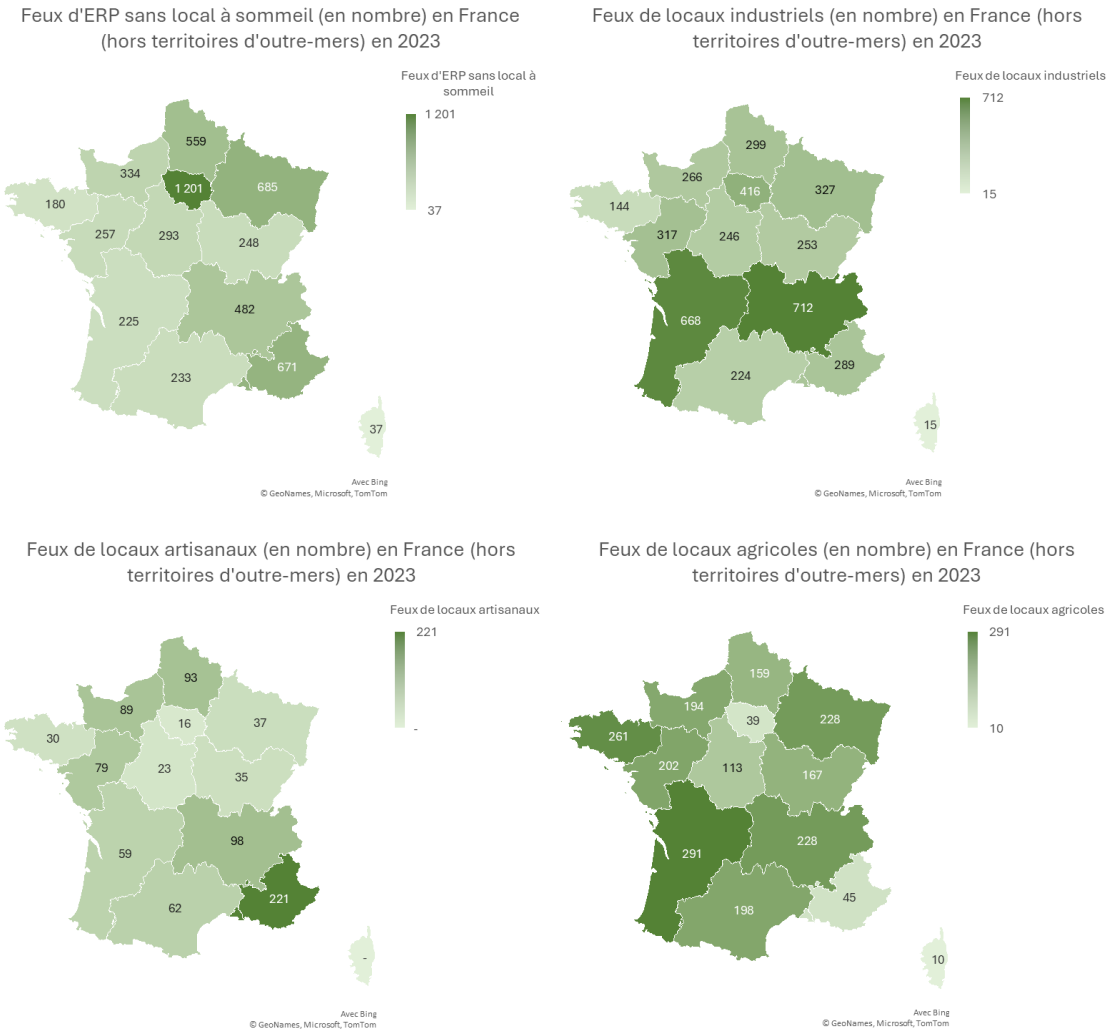


Figure 194 : Répartition des feux de bâtiments par catégorie en 2023

Les correspondances suivantes sont effectuées entre les deux nomenclatures :

		Catégories EMEP/EEA			
		Maisons individuelles non mitoyennes	Maisons individuelles mitoyennes	Immeubles	Bâtiments industriels
Catégories SDIS	Habitations	x (54,5%)		x (45,5%)	
	Etablissement recevant du public avec locaux à sommeil			x	
	Etablissement recevant du public sans locaux à sommeil			x	
	Entrepôts et locaux industriels				x
	Locaux artisanaux				x
	Locaux agricoles				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[20] 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 :

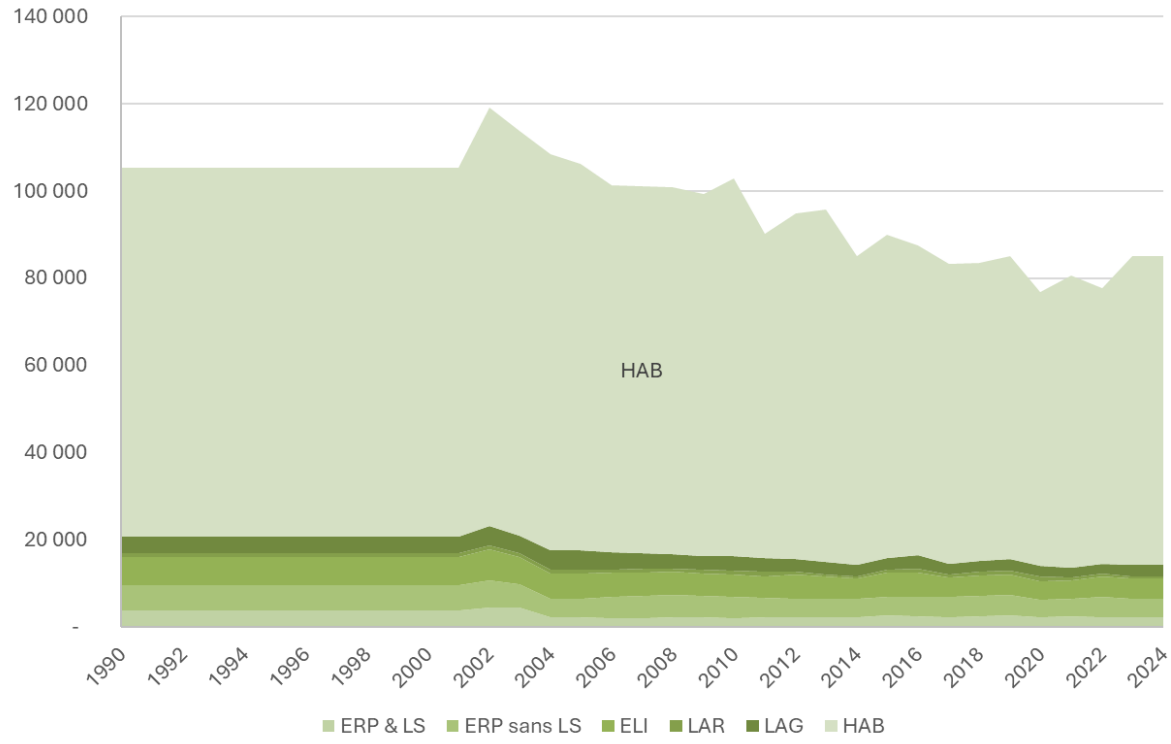


Figure 195 : Incendies de bâtiments en France (en nombre) – Périmètre SDIS – Dernière année disponible : 2023.

[20] INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (direction générale du ministère français en charge de l'économie et des finances)

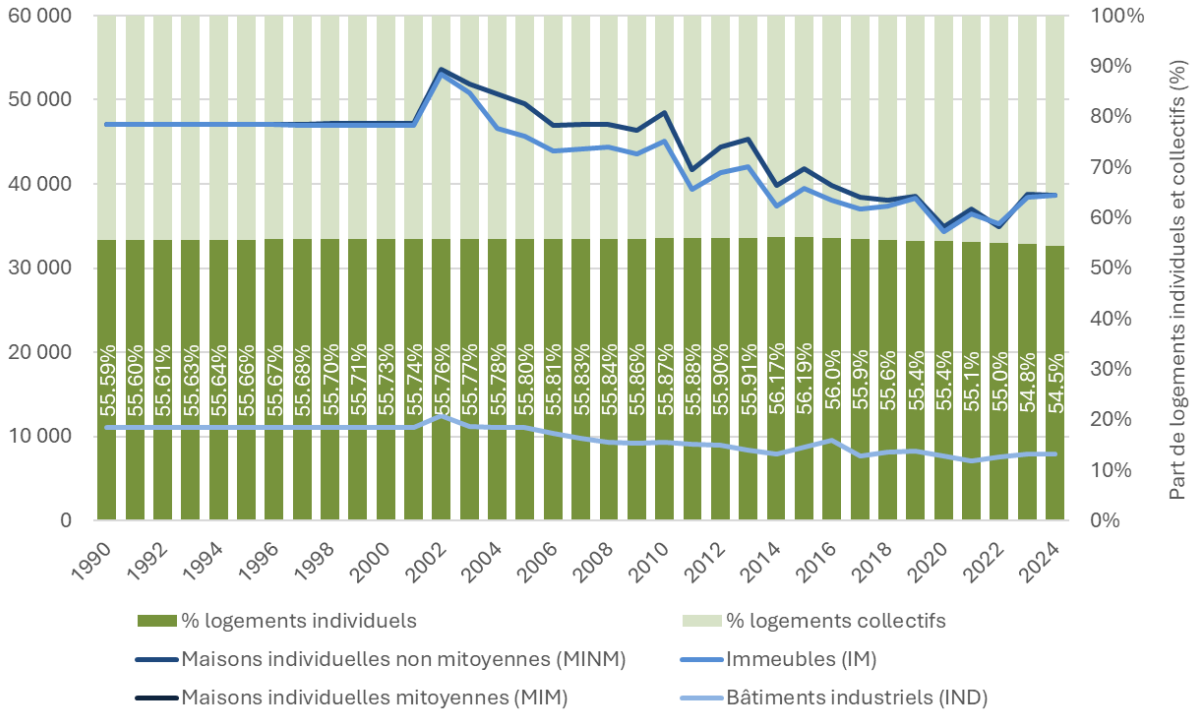


Figure 196 : Incendies de bâtiments en France (en nombre) – Périmètre EMEP – Dernière année disponible : 2023.

Emissions de SO_2, NOx, COVNM, CO, NH_3, 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

L'activité correspond au nombre de véhicules brulés 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 2024 et concerne les incendies de 2023. Le périmètre géographique couvert par ce rapport annuel ne comprend que l'Hexagone et les DROM (Guadeloupe, Mayotte, la Réunion, la Martinique et la Guyane) sans prendre en considération les COM. Cependant, 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.

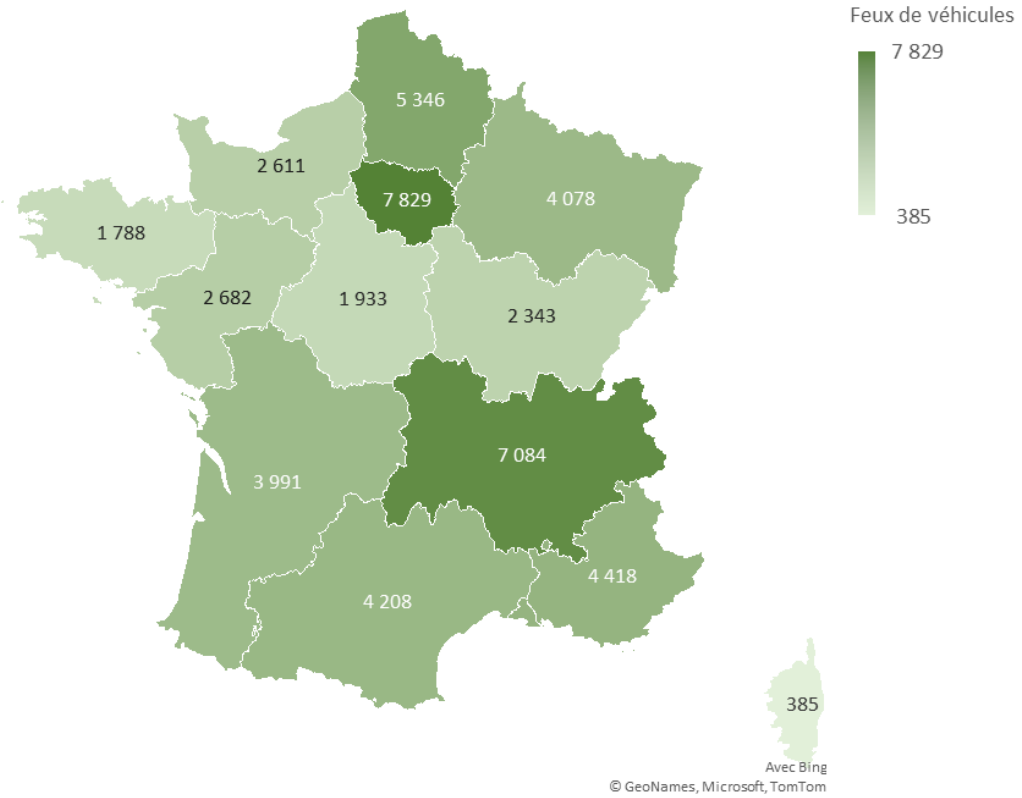


Figure 197 : Répartition des feux de véhicules par catégorie en 2023

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_2

Les émissions ne sont pas estimées.

Emissions de NOx

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 NOx/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_3

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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Les émissions de particules de diamètre inférieur à 10 et 2,5 µm sont déterminées dans l'étude de l'INERIS [488].

Tableau 270 : Granulométrie des TSP

tranche granulométrique	% répartition des PM totales
PM_{10}	100
$PM_{2.5}$	100
PM_1	(nd)

(nd) : non disponible

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].

Emissions de Métaux lourds (ML)

Le facteur d'émission provient d'une étude réalisée par l'INERIS pour le compte de l'ADEME sur les feux de véhicules [567].

(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

Emissions de 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.

Emissions d'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].

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Les émissions ne sont pas estimées.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions ne sont pas estimées.

6.7.3 Incertitudes

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.7 Généralités sur l'évaluation des incertitudes » sont appliquées.

6.7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

6.7.5 Recalculs

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

Tableau 271 : Récapitulatif des recalculs du NFR 5E

5E – Other waste	
Donnée d'activité	Mise à jour des données de population sur 2021- 2024. Mise à jour des données 2023 avec la prise en compte de la dernière édition des statistiques des Services d'incendie et de secours (édition 2024). En parallèle, les données sont désormais disponibles avec une ventilation géographique plus fine. Historiquement toutes les émissions étaient rapportées dans l'Hexagone faute d'information sur la localisation des feux. Les émissions sont désormais disponibles à une échelle plus fine qui permet de répartir les émissions par territoire. Par conséquent, les émissions hexagonaux sont diminuées et la différence est rapportée sur les territoires OM.
Facteur d'émission	Pas de changements.

6.7.6 Améliorations envisagées

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)

7.1 Autres

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)

Aucune émission est comptabilisée dans cette catégorie NFR.

Dans les tables NFR, la ligne associé à ce sous-secteur 6A est renseignée par la notation « NO » (« *not occuring* »).

7.1.2 Autres (hors total national) (NFR 6B)

7.1.2.1 Caractéristiques de la catégorie

La catégorie est composée de deux sources d'activité différentes, à savoir les émissions de **CO et de NOx liées au brulage sur site des résidus de récolte de bois** en forêt et à la suite de défrichements et les émissions biotiques de **COVNM liées aux formations végétales** présentes principalement en forêt.

Brûlage sur site des résidus de récolte de bois :

La première activité est une pratique qui consiste à brûler directement sur place les résidus issues de la récolte de bois ou des travaux forestiers, comme les branches, les feuilles ou les racines qui ne sont pas valorisées lors de la récolte. Cette méthode est également utilisée après des opérations de défrichement pour nettoyer le terrain, ou après des travaux de récolte de bois en forêt pour réduire le volume de débris restants. La combustion de la biomasse génère par conséquent des émissions de polluants atmosphériques comme le CO et les NOx comptabilités dans cette catégorie. Des récoltes de bois ont lieu dans les situations suivantes :

- Lors des récoltes de bois en forêt
- Lors de récoltes de bois sur des terres agricoles à savoir, récolte de bois énergie en vignes et vergers et sur des prairies arbustives.
- Lors d'une déforestation, qu'elle que soit la catégorie de destination des terres forestières défrichées pour un usage agricole ou dans le cadre d'artificialisations principalement

Une description des méthodes de calcul utilisées pour estimer les pertes de biomasse ligneuse dans le cadre de récoltes de bois et lors de défrichements est présentée dans le

rapport Ominea du Citepa section UTCATF (Méthodologie de l'inventaire - rapport Ominea - Citepa) et également dans le National Inventory Document publié par la France auprès de la CCNUCC (France. 2024 National Inventory Document (NID) | UNFCCC).

COVNM liées aux formations végétales :

La seconde activité correspond aux formations végétales présentes dans les forêts, les prairies et les cultures qui 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

Emissions de CO et de NOx

Données d'activité

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_2O, NOx, CO et CH_4) en plus du CO_2. Le volume de bois brûlé sur site est mal connu. Les experts terrains rapportent que la pratique de brûlage n'est plus pratiquée, et souvent interdite par des arrêtés préfectoraux. Des dérogations étant possibles, cette valeur conservatrice

de 5 % est conservée. Puis, les émissions sont estimées à partir des facteurs d'émission du GIEC 2006.

Équations 1 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.27 du GIEC 2006 [672])

Emissions = Quantité_brulée ● Facteur_oxydation ● Facteur_Emission

Avec :

Emissions	=	Emissions de CH_4, N_2O, CO et NOx, t
Quantité_brulée	=	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 m.s brûlée (CO = 107 // NOx = 3)

Facteurs d'émissions

Les émissions de NOX du brûlage sur site des résidus de récoltes de bois sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 3 kg/t m.s extrait des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

Les émissions de CO du brûlage sur site des résidus de récoltes de bois sont estimées au moyen du facteur d'émission de 107 kg/t m.s brulée extrait des lignes directrices du GIEC 2006 [672].

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 :

$$EM = e \cdot D \cdot S \cdot g$$

avec :

EM : Emissions de COVNM par essence végétale,
e : Taux normalisé d'émission,
D : Densité de feuillage ou coefficient de biomasse foliaire,
S : Superficie recouverte par l'essence végétale,
g : 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 (e)

Le modèle comporte six taux normalisés d'émission (e) 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 (e) 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 (g)

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.

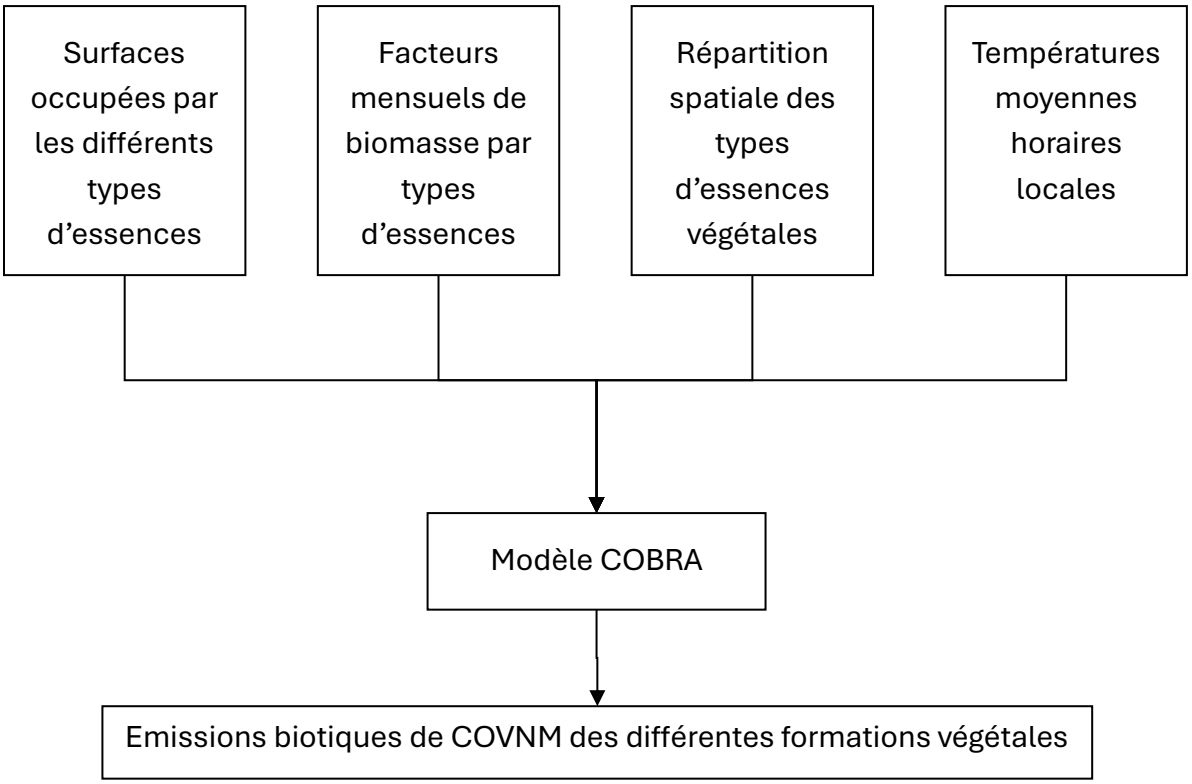


Figure 198 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.

7.1.2.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

7.1.2.5 Recalculs

Les recalculs par grand secteur NFR sont présentés dans la section « 8.1 Modifications », et détaillés en Annexe 5.

7.1.2.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration n'est envisagée à court terme pour ce secteur.

7.2 Emissions naturelles (NFR 11) (hors total national)

7.2.1 Volcans (NFR 11A)

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)

7.2.2.1 Caractéristiques de la catégorie

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_2, NO_x, COVNM, CO, NH_3, 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

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_2 de la biomasse vivante vers l'atmosphère.

La combustion de biomasse lors des feux de forêt génère des émissions de gaz à effets de serre (CO_2, CH_4 et N_2O) ainsi que différents polluants : SO_2, NOx, COVNM, CO, NH_3, 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.

La constitution des surfaces brulées 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.

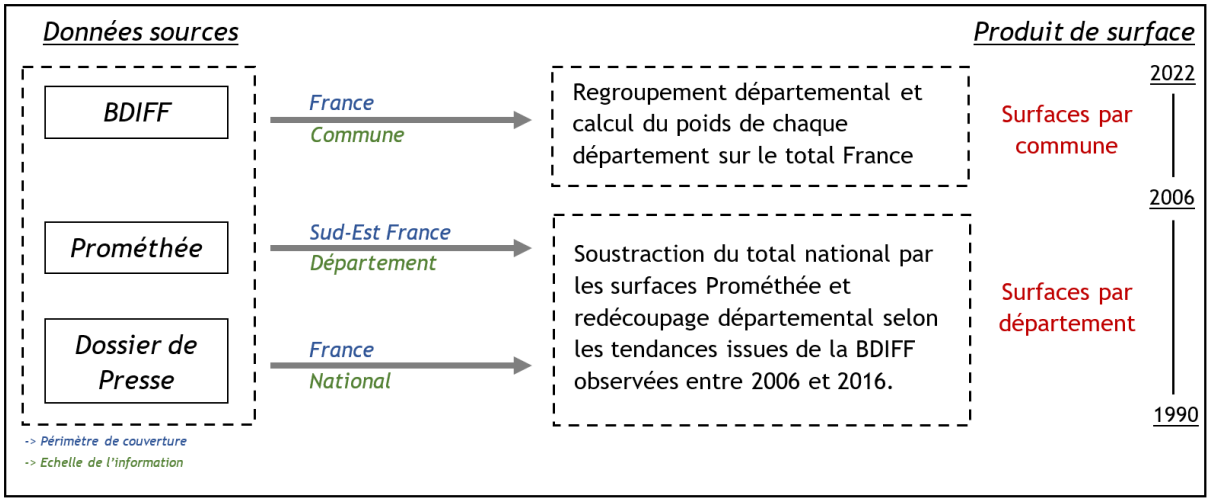


Figure 199 : Méthodologie utilisée pour la reconstitution des surfaces incendiées en forêt depuis 1990

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 brulées sont uniquement rapportées en Nouvelle-Calédonie, sur la base de produits satellites (MODIS [1205]).

Tableau 272 : Surfaces incendiées en France depuis 1990, en hectare

Feu-for.xlsx

ANNEE	METROPOLE (Zone Prométhée)	METROPOLE (hors Zone Prométhée)	OUTRE-MER (inclus dans l'UE)	OUTRE-MER UE (non inclus dans l'UE)
1990	53 897	18 728	1 055	15 597
1991	6 549	3 581	1 036	15 597
1992	12 765	3 828	1 055	15 597
1993	11 901	4 797	1 043	15 597
1994	22 605	2 390	1 033	15 597
1995	9 988	8 149	1 067	15 597
1996	3 119	8 281	1 502	15 597
1997	12 250	9 331	1 015	15 597
1998	11 243	8 039	1 111	15 597
1999	12 782	3 124	1 808	15 597
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	712	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	613	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	318	38 026
2018	2 995	942	634	10 361
2019	7 758	5 371	2 168	39 536
2020	7 131	3 679	491	5 892
2021	10 509	2 327	360	17 065
2022	14 680	44 012	295	2 283
2023	3 715	1 098	305	20 000

Estimation des émissions de GES : CO_2, CH_4 et N_2O

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 2 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.14 du GIEC 2006 [672])

$$L_{wild_fires} = \Sigma_i A_{burnt(i)} \bullet BW_i \bullet Frac_burn_i \bullet CF$$

Avec :

L_{wild_fires}	=	Pertes de carbone annuelle liée aux feux, t C/an
i	=	Sylvoécorrégion (85 sylvoécorégions en France métropolitaine)
$A_{burnt(i)}$	=	Surface brûlée annuelle dans la sylvoécorégion i, ha
BW_i	=	Stock de biomasse aérienne sur les surfaces brûlées dans la sylvoécorégion i, t MS/ha
Frac_burn	=	Fraction de la biomasse effectivement brûlée brûlées dans la sylvoécorégion 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 sylvoécorégion ou par GRECO (grande région écologique) sur la base des stocks utilisés dans le modèle de variation par maille (voir section UTCATF - général).

Tableau 273: 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) [1]	15 tMS/ha Médinet, 2018 - Shrubland [993]	0 tC/ha
Feuillage	*Non estimé*	*Non estimé*	0 tC/ha
Biomasse herbacée	*Non estimé*	*Non estimé*	4,1 tMS/ha Giec, 2006 - Grassland tempéré [437]
Litière	8,5 tC/ha (6,3 – 12,7) [2]	*Non estimé*	0 tC/ha
Bois mort	*Non estimé*		
Racines	*Non estimé*		
Sol minéraux (0-30cm)	*Non estimé*		

[1] *moyenne, min et max par sylvoécorégions [voir section UTCATF -général]*

[2] *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 274 : 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	Non estimé	Non estimé	74% Giec, 2006 - Table 2.6 [437]	77% [437]
Litière	76% (70% - 90%) *	Non estimé	-	Non estimé

** 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.

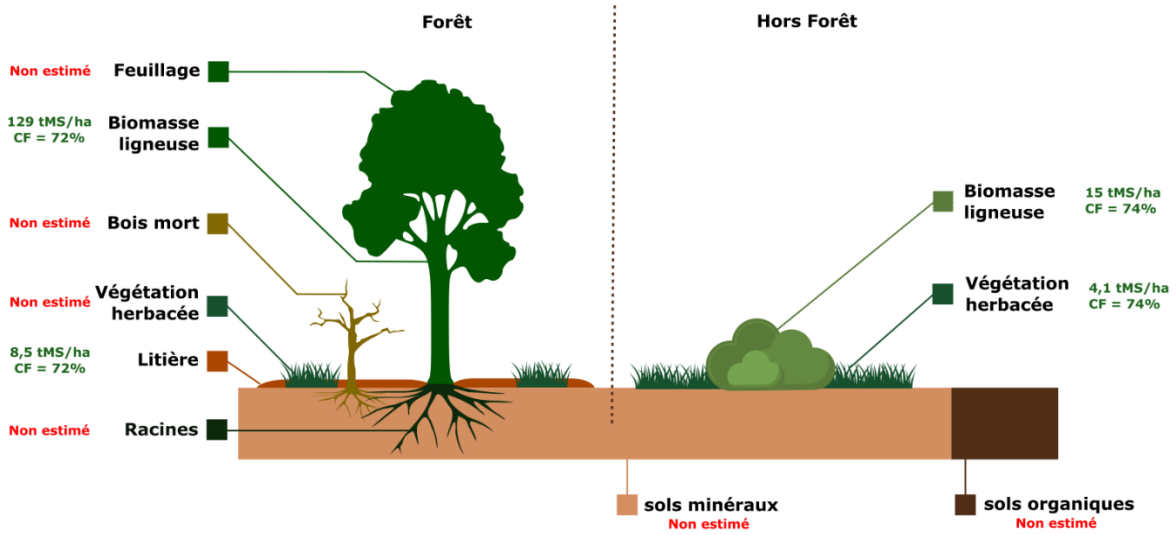


Figure 200 : Synthèse des compartiments carbone estimés dans le calcul feux de forêt

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_2O, NOx, CO et CH_4) en plus du CO_2. 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 brulé 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 3 (Forêts) (inspirée de l'équation 2.27 du GIEC 2006 [672])

$$Emissions = Quantité_brulée \bullet Facteur_oxydation \bullet Facteur_Emission$$

Avec :

Emissions	=	Emissions de CH_4, N_2O, CO et NOx, t
Quantité_brulée	=	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_4 = 4.7 // CO = 107 // NOx = 3 // N_2O = 0.26)

Facteurs d'émission

Selon la disponibilité des facteurs d'émission les émissions sont basées soit sur la biomasse brulées soit sur les surfaces brulées. Lorsque les facteurs d'émissions sont basés sur la surface brûlée, les facteurs d'émission sont spécifiques à chacune 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_2

Emissions de SO_2 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 NOx

Emissions de NOx liées au brûlage

Les émissions de NO_X des feux de forêt sont estimées au moyen des facteurs d'émission de 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_3

Emissions de NH_3 liées au brûlage

Les émissions de NH_3 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_{10}, $PM_{2,5}$, $PM_{1,0}$

Des ratios exprimés par rapport aux particules totales (66% et 60% pour estimer respectivement les PM10 et les PM2,5) sont utilisés [66]. Ces ratios présentent une très forte incertitude.

Emissions de 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.

Emissions de 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.

Emissions d'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 275 : 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

Emissions de Polychlorobiphényles (PCB)

Aucune émission n'est estimée pour ce secteur.

Emissions de Hexachlorobenzène (HCB)

Aucune émission n'est estimée pour ce secteur.

7.2.2.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

7.2.2.5 Recalculs

Pas de recalculs

7.2.2.6 Améliorations envisagées

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 brulées et donc d'améliorer la précision de l'inventaire. Une approche plus fine et spatialement explicite est envisagée, utilisant d'autres données cartographiques nationales (produits IGN) ou internationales 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

7.2.3.1 Caractéristiques de la catégorie

Les éclairs constituent une importante source naturelle d'oxydes d'azote. Bien que cette source produise moins de 20 % de NO_x que les sources anthropiques, elle est la plus efficace en ce qui concerne la production d'ozone (O_3). En effet, contrairement aux sources anthropiques qui produisent les NO_x en surface, les éclairs les produisent en altitude où, le temps de vie des NO_x 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_x 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

Emissions de NO_x

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_x produites par éclair (produites à moins de 1 000 m) sont considérées dans l'inventaire.

$$CG_{NO} = E \times M$$

où :

- CG_{NO} = NO produit par la partie nuage-sol de l'éclair,
- E = 4 x 10^8 J par éclair nuage-sol,
- M = 9 x 10^{16} molécules NO/J

Calculé en unités de masse, on obtient 2,75 kg de NO_x (en équivalent NO_2) 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 NOx.

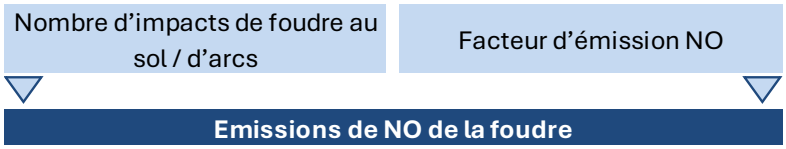


Figure 201 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.

7.2.3.3 Incertitudes

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)

Les dispositions générales décrites dans la section « 1.6 Contrôle et assurance qualité » sont appliquées.

7.2.3.5 Recalculs

Aucun recalcul.

7.2.3.6 Améliorations envisagées

Aucune amélioration n'est envisagée à court terme pour ce secteur.

8 Modifications et améliorations

8.1 Modifications

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 qui se réalise 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 GCIIE, 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,
  - A la disponibilité de nouvelles règles d'estimation et/ou de notification des émissions,
  - A 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 GCIIE, 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.

8.1.1 Energie

Tableau 276 : Emissions du secteur Energie dans l'air en France (Hexagonale) - Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

EMISSIONS DU SECTEUR ENERGIE EN FRANCE HEXAGONALE
Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx / compa

		Année 1990			Année 2005			Année 2023		
Substance	Unité	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)
SO2	*Gg*	1 270	1 287	1.3%	442	452	2.2%	70	69	-0.2%
NOx	*Gg*	1 922	1 895	-1.4%	1 400	1 383	-1.2%	511	531	3.8%
NH3	*Gg*	4.5	4.6	0.6%	12	11	-3.5%	8.1	8.3	2.2%
COVNM	*Gg*	1 652	1 670	1.1%	753	770	2.2%	244	274	12.4%
CO	*Gg*	9 268	9 417	1.6%	4 416	4 467	1.2%	1 788	1 885	5.4%
As	*Mg*	15	15	1.4%	12	12	1.7%	5.4	5.7	4.3%
Ni	*Mg*	237	245	3.2%	135	141	4.0%	17	19	9.0%
Zn	*Mg*	645	650	0.8%	331	340	2.6%	292	304	4.2%
TSP	*Gg*	490	489	-0.2%	346	348	0.6%	158	169	6.6%
PM10	*Gg*	451	449	-0.3%	314	316	0.5%	137	148	7.6%
PM2,5	*Gg*	416	414	-0.5%	291	292	0.4%	124	134	8.6%

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 transport et transports.

8.1.2 Focus sur l'Energie, hors Transport

Tableau 277 : Emissions du secteur Energie hors transport dans l'air en France (Hexagonale) - Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

EMISSIONS DU SECTEUR ENERGIE HORS TRANSPORTS EN FRANCE HEXAGONALE

Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /compa

		Année 1990			Année 2005			Année 2023		
Substance	Unité	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)
SO_2	*Gg*	1 103	1 105	0.2%	430	430	0.0%	68	67	-0.8%
NOx	*Gg*	669	667	-0.3%	614	612	-0.3%	213	218	2.2%
NH_3	*Gg*	3.8	3.8	0.1%	3.2	3.2	0.1%	3.0	3.1	1.4%
COVNM	*Gg*	753	752	0.0%	524	525	0.1%	212	243	14%
CO	*Gg*	3 656	3 652	-0.1%	3 089	3 080	-0.3%	1 565	1 665	6.4%
TSP	*Gg*	400	400	0.0%	277	276	-0.3%	122.6	132.3	7.9%
PM_{10}	*Gg*	370	370	-0.1%	256	256	-0.2%	113	123	8.7%
$PM_{2,5}$	*Gg*	343	343	-0.1%	242	242	-0.19%	108	118	9.4%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Pour les années d'intérêt ici (1990, 2005 et 2023), les révisions entre les deux soumissions d'inventaire varient entre -0,3% et 14%, pour les différentes substances. Les changements les plus importants sont pour le CO, les COVNM et les particules (TSP/PM), en particulier pour les années récentes.

- COVNM : pour le chauffage au bois résidentiel, la part des appareils anciens dans le parc domestique et leur taux de survie dans les années récentes ont été révisés à la hausse, entraînant une plus grande part de la consommation dans des appareils moins performants (i.e., plus émetteurs). De plus, la consommation de bois domestique a été révisée à la hausse de 2% pour l'année 2023. La combinaison de ces deux changements entraîne des révisions des émissions du secteur bois domestique d'environ +30kt pour l'année 2023 (soit +20% pour le sous-secteur 1A4bi-biomasse), expliquant la majorité des révisions d'émissions totales du secteur Energie de 14%,
- CO : de même que pour les COVNM, la révision à la hausse de la part des appareils anciens domestiques au bois dans le parc, combinée à la révision à la hausse de la consommation de bois (+2%), a entrainé une hausse des émissions de CO de 107 kt (+11% pour le sous-secteur 1A4bi-biomasse) en 2023, expliquant en grande majorité les recalculs observés. Cette hausse importante a été en partie compensée par la révision des FE du raffinage de pétrole (1A1b) qui n'étaient pas à jour avec les lignes directrices EMEP de 2023, où des recalculs d'environ -3 kt sont observés en 1990 et 2005 et -2 kt en 2023. Enfin, pour 2023, la production de

fonte grise (1A2a) a été révisée à la baisse, provoquant une baisse des émissions de CO de 6 kt comparativement à la précédente soumission.

- TSP/PM : tout comme pour les COVNM et le CO, le changement structurel du parc d'appareils au bois domestique, avec une part des appareils anciens fortement révisée à la hausse, combinée à la hausse de la consommation de bois domestique (+2%), a entraîné une importante révision des émissions de TSP et PM pour ce sous-secteur (1A4bi-biomasse) dans les années récentes, qui a en partie été compensée par la révision à la hausse de la consommation de granulés mais confortée par le changement du FE des appareils eco-conception de 126 à 206 g/GJ suite à une étude nationale. Au total, pour le secteur de la combustion de bois domestique, la révision en 2023 est de +13 kt en 2023, soit +13%. Ces révisions à la hausse ont été en partie compensées par la révision des pourcentages de l'implémentation du Fond Chaleur sur 2019-2023, suite à la collecte de nouvelles données, qui a permis en 2023 de diminuer les émissions des secteurs consommateurs de biomasse (chauffage urbain, tertiaire, agriculture et industrie) d'entre 28% et 48%, pour une baisse cumulée d'environ 2 kt. Enfin, la révision de la consommation de charbon des autoproducteurs (NFR 1A1a) a été révisée à la baisse et entraîne un recalcul de -0,2 kt.
- NOx : révisions des caractéristiques du parc de tracteurs en début de série, notamment sur les puissances des tracteurs agricoles, ce qui a entraîné un transfert de consommation du sous-secteur agriculture à celui de la sylviculture (NFR 1A4cii) te une baisse des émissions de 2 kt soit -0.3%. Pour les années plus récentes, les révisions et réallocations intersectorielles des consommations de gazole/fioul domestique du bilan national de l'énergie pour les secteurs finaux a entraîné une augmentation importante des émissions au global : +5 kt en 2023 dont +4,6 kt pour le BTP (1A2gvii), +1.2 kt pour l'agriculture (1A4cii), +0.8 kt pour le résidentiel (1A4bi) et - 2.8 kt pour le tertiaire (1A4ai) (notamment, les engins mobiles non routiers au gazole sont plus émetteurs que la combustion de fioul domestique en chaudières).
- SO_2 : la révision des émissions au début de la série est due au changement de méthodologie sur l'estimation des émissions de la fonte grise (+1,7 kt en 1A2a), tandis que la baisse des émissions pour l'année 2023 est due à la baisse de la consommation de charbon des autoproducteurs (1A1a), compensée en partie par la révision des émissions déclarées des raffineries (1B2av), la révision à la hausse des consommations de PP de l'industrie manufacturière (1A2 transversale) et la révision de la méthodologie sur la fonte (1A2a).

8.1.3 Focus sur le Transport

Tableau 278 : Emissions du secteur Transports dans l'air en France (Hexagonale) - Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

EMISSIONS DU SECTEUR DES TRANSPORTS EN FRANCE HEXAGONALE

Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx / compa

		Année 1990			Année 2005			Année 2023		
Substance	**Unité**	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)
SO_2	*Gg*	167	182	8.8%	12.4	22.1	78%	2.0	2.4	22%
NOx	*Gg*	1 252	1 227	-2.0%	787	771	-2.0%	298	313	4.9%
NH_3	*Gg*	0.7	0.8	3.3%	8.5	8.1	-4.9%	5.0	5.2	2.7%
COVNM	*Gg*	899	917	2.0%	229	245	7.0%	31	31	-0.7%
CO	*Gg*	5 612	5 765	2.7%	1 327	1 388	5%	223	220	-1.5%
As	*Mg*	1.5	1.7	15%	1.7	2.0	12.2%	1.7	1.9	7.0%
Cd	*Mg*	0.2	0.2	8.6%	0.2	0.2	7.5%	0.2	0.2	4.8%
Cr	*Mg*	10.6	11.2	5.5%	14.3	15	5.4%	13	13.5	3.6%
Ni	*Mg*	12.0	19.5	63%	5.8	11.3	94%	3.5	4.9	39%
Se	*Mg*	0.3	0.4	25%	0.3	0.4	17.6%	0.3	0.3	7.8%
Zn	*Mg*	126	131	4.1%	165	174	5.2%	167	175	4.6%
PCDD/F	*g iTEQ*	18	19	2.3%	26	27	4.6%	9.2	9	-2.5%
HAP	*Mg*	3.0	2.9	-1.6%	4.0	4.2	3.6%	2.1	2.2	6.5%
PCB	*kg*	0.2	0.3	61%	0.10	0.19	100%	0.05	0.07	52%
HCB	*kg*	0.1	0.1	51%	0.03	0.05	83%	0.01	0.02	47%
TSP	*Gg*	90	89	-0.8%	69	72	4.1%	36	36	2.0%
BC	*Gg*	32	30	-5.6%	27	27	0.2%	5.5	5.6	1.7%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Les changements significatifs entre les deux éditions 2025 et 2026 sont les suivants :

- SO_2 : Mise à jour des ratios de consommation domestique du transport maritime.
- NOx : révision de la balance énergétique avec impact sur trafic dans le transport routier.
- Métaux lourds : mises à jour principalement liées au routier, notamment pour les ML issus de l'abrasion (révision de la balance énergétique avec impact sur trafic), ainsi qu'à la contribution du maritime, en particulier pour le Ni.
- CO : révision de la balance énergétique avec impact sur trafic dans le transport routier.
- COVNM : révision de la balance énergétique avec impact sur trafic dans le transport routier.
- POPs : Mise à jour des ratios dans le maritime.

8.1.4 Procédés industriels

Tableau 279 : Emissions du secteur Procédés industriels dans l'air en France (Hexagonale) - Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

EMISSIONS DU SECTEUR PROCEDES EN FRANCE HEXAGONALE
Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /compa

		Année 1990			Année 2005			Année 2023		
Substance	Unité	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)
SO_2	*Gg*	35	37	6.4%	18	21	13.5%	8.4	8.5	1%
NOx	*Gg*	26	27	3.0%	14	14	0.9%	5.0	5.1	1.8%
NH_3	*Gg*	8.4	8.4	-0.2%	5.6	5.6	-0.6%	3.2	3.2	-0.4%
COVNM	*Gg*	755	755	0.0%	555	556	0.07%	371	362	-2.5%
Cu	*Mg*	55	57	5.2%	64	68	6.3%	70	73	4.2%
Ni	*Mg*	58.4	58.6	0.452%	14.3	14.6	2.397%	4.2	4.4	5%
HAP	*Mg*	0.3	2.5	890.5%	0.3	2.9	987.0%	0.2	1.4	534%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Les changements significatifs entre l'édition 2025 et 2026 sont les suivants :

- **Cu :** Les changements proviennent de recalcul concernant la donnée d'activité pour la combustion d'huiles dans les moteurs 4 temps (usage non énergétique)
- **COVNM :** Les changements proviennent de la correction d'une erreur identifiée dans la méthodologie pour l'estimation des émissions liées à l'utilisation de solvants domestiques (2D3a) ainsi qu'à la mise à jour de données statistiques sur les années récentes pour l'utilisation de solvant (peinture, imprimerie) et l'industrie agro-alimentaire ;
- **NOx et SO_2 :** Les changements sont dus à un changement d'affectation des émissions liés à la production de noir de carbone (2B10a) afin de mieux les comptabiliser.
  Des modifications ont aussi eu lieu sur les productions d'acide nitrique et sulfurique sur l'ensemble de la période 1990-2003 afin de consolider les données, revoir et harmoniser les hypothèses.
- **NH_3 :** les changements observés sont dus à la revue des productions d'acide nitrique sur la période 1990-2003 ainsi qu'à la détermination du facteur d'émission à l'aide des déclarations de rejets industriels à partir de 2004.
- **Ni et HAP :** Le recalcul est dû à la nouvelle estimation des émissions du soufflage de bitume, suite à la recommandation de la revue CEE-NU. Les émissions de HAP et ML de ce NFR étaient « NA » jusqu'à la soumission précédente, toutes les émissions observées désormais sont donc dues à l'ajout de cette source.

8.1.5 Agriculture

Tableau 280 : Emissions du secteur Agriculture dans l'air en France (Hexagonale) - Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

EMISSIONS DU SECTEUR AGRICULTURE EN FRANCE HEXAGONALE
Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /compa

		Année 1990			Année 2005			Année 2023		
Substance	Unité	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)
SO_2	*Gg*	0.4	0.4	3.6%	0.3	0.3	5.1%	0.1	0.1	21%
NOx	*Gg*	186	186	0.0%	170	170	0.0%	135	142	5.1%
NH_3	*Gg*	720	730	1.4%	653	663	2%	527	559	6.0%
COVNM	*Gg*	449	449	0.1%	428	428	0.1%	420	419	-0.2%
CO	*Gg*	81	83	2.3%	62	63	2.8%	17	18	10%
Cd	*Mg*	0.47	0.50	5.1%	0.25	0.28	8.9%	0.04	0.06	57%
Cr	*Mg*	0.1	0.1	3.3%	0.0	0.0	4.6%	0.0	0.0	20%
Cu	*Mg*	0.1	0.1	1.57%	0.10	0.10	1.8%	0.03	0.03	6%
Hg	*Mg*	0.1	0.1	5.2%	0.0	0.0	9.1%	0.01	0.01	71%
Ni	*Mg*	0.0	0.0	4.6%	0.02	0.02	7.7%	0.00	0.01	35%
Se	*Mg*	0.04	0.04	1.5%	0.03	0.03	1.8%	0.01	0.01	6%
HAP	*Mg*	2.0	2.0	3.2%	1.4	1.5	4.1%	0.1	0.1	66.7%
HCB	*kg*	443	443	0.0%	13	13	0.0%	0.4	0.4	14%
TSP	*Gg*	457	325	-29%	438	333	-24%	436.7	350.0	-20%
PM_{10}	*Gg*	50.1	43.0	-14%	50.1	44.5	-11%	46.7	42.3	-9.5%
$PM_{2,5}$	*Gg*	11.8	11.9	1.1%	10.3	10.5	1.8%	6.9	7.2	4%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

Plusieurs changements sont observés entre les deux éditions, pour le secteur de l'agriculture :

- NH_3 : Hausse des émissions de la fertilisation minérale avec une révision à la hausse de la donnée d'activité (livraisons d'engrais) et une modification facteur d'émission qui fluctue en fonction de la forme d'engrais et du pH des sols. Les émissions associées aux résidus de cultures et prairies laissés au champ constituent désormais une nouvelle source d'émission qui n'était pas estimée précédemment.
- NO_X : hausse des émissions de la fertilisation minérale avec une révision à la hausse de la donnée d'activité (livraisons d'engrais) sur les années récentes
- SO_2, Cr, HAP, autres polluants de la combustion : Hausse liée à la prise en compte des feux pastoraux (écobuage).

8.1.6 Déchets

Tableau 281 : Emissions du secteur Déchets dans l'air en France (Hexagonale) - Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

EMISSIONS DU SECTEUR DECHETS EN FRANCE HEXAGONALE
Ecart entre la version de mars 2025 et celle de mars 2026

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /compa

		Année 1990			Année 2005			Année 2023		
Substance	Unité	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)	Version mars 2025	Version mars 2026	Ecart versions (en %)
SO_2	*Gg*	3.5	3.5	0.01%	0.6	0.6	0.02%	0.3	0.3	-2.5%
NOx	*Gg*	7.0	7.0	0.1%	4.1	4.1	0.1%	2.3	2.4	2.8%
NH_3	*Gg*	1.2	1.2	-0.3%	2.8	2.8	-0.1%	8.8	8.9	1.0%
COVNM	*Gg*	10	10	0.04%	13	13	0.01%	10	12	16%
CO	*Gg*	29	29	0.6%	30	30	0.2%	29	36	25%
As	*Mg*	0.5	0.5	0.3%	0.2	0.2	0.2%	0.1	0.1	7.7%
Cd	*Mg*	4.5	4.5	1.0%	0.3	0.3	19%	0.2	0.2	26%
Cr	*Mg*	2.4	2.4	0.0%	0.9	0.9	0.0%	0.3	0.3	11%
Cu	*Mg*	6.8	6.9	0.7%	1.4	1.4	4.0%	1.0	1.2	19%
Hg	*Mg*	5.2	5.2	0.8%	0.6	0.7	8.3%	0.2	0.3	20%
Ni	*Mg*	3.6	3.5	-2.3%	0.3	0.3	0.0%	0.2	0.2	4.6%
Pb	*Mg*	45	45	0.1%	3.1	3.1	0.9%	2.6	2.2	-17%
Se	*Mg*	0.03	0.03	0.6%	0.01	0.01	0.8%	0.004	0.005	20%
Zn	*Mg*	93	94	1.0%	47	48	2.3%	33	40	22%
HAP	*Mg*	1.8	1.8	2.2%	1.7	1.7	0.7%	1.4	1.8	25%
HCB	*kg*	56	56	0.0%	7.3	7.3	0.0%	1.9	1.4	-24%
TSP	*Gg*	17	17	0.1%	17	17	0.0%	13	16	18%
PM_{10}	*Gg*	17	17	0.1%	16	16	0.0%	13	15	18%
$PM_{2,5}$	*Gg*	16	16	0.1%	16	16	0.0%	13	15	18%
BC	*Gg*	2.5	2.5	0.2%	2.8	2.8	0.1%	2.5	3.2	25%

N.B : à part les polluants principaux, seuls les écarts au-delà de + ou - 4% sont rapportés

De manière générale, les changements observés sur le secteur des déchets entre les deux dernières éditions sont dus à la prise en compte des derniers rapports ou base de données disponibles.

Feux ouverts :

Pour l'année 2023, les différences observées s'expliquent par plusieurs mises à jour des données d'activité.

Celles-ci incluent l'actualisation des données de population sur la période 2021–2024, ainsi que la révision des quantités de déchets verts traités par gestion domestique en 2024, estimées proportionnellement à l'évolution du nombre de logements, avec un impact rétroactif sur les années 2021 à 2023 et l'ajout des émissions de polluants sur le brulage de plastiques agricoles

En outre, les données relatives à l'année 2023 ont été mises à jour afin d'intégrer la dernière édition (2024) des statistiques des Services d'incendie et de secours. Ces évolutions méthodologiques expliquent l'ensemble des hausses d'émissions observées pour les différents polluants, notamment les métaux, les HAP et les particules (PM) et BC.

Boues :

Les différences entre les deux méthodes pour l'année 2023 sont principalement liées à la mise à jour des quantités de boues par type d'usage pour la période 2023–2024 (utilisation agricole, incinération, compostage, mise en décharge, etc.).

Ces ajustements se traduisent par une baisse des émissions de plomb (Pb) et d'hexachlorobenzène (HCB).

8.2 Améliorations envisagées

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 282 : Suivi des améliorations méthodologiques envisagées sur les inventaires

Action	Modifications / améliorations envisagées
Transversal	
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 H2S (en principe dans SOx). Vérifier si H2S algues vertes considérées anthropogéniques ; sources H2S dans guide EMEP/EEA ...

Action	SECTEUR	Modifications / améliorations envisagées
Energie		
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, les gaz industriels, biogaz des méthaniseurs...
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 ...
1-38	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 SO2 des PP à partir de mesures
1.83 (nouv.)	RA2019 Fugitif	Passage au raffinement 2019 des LD GIEC 2006 pour le secteur Fugitif
1.84 (nouv.)	Energie - Combustion fixe	Prise en compte des granulés dans les petites chaufferies biomasse
1.85 (nouv./ ex 2.56)	Manutention & stockage combustible	Manutention et stockage des combustibles liquides autres que l'essence, hormis les terminaux pétroliers - Emissions de COVNM
Procédés industriels		
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
2-53	Production de fonte	Production de fonte : revues des émissions de SO2, NOx, CO au regard des nouvelles informations du GB EMEP 2019.
2-59	GF Territoires Outre-mer	Travail spécifique sur les émissions des gaz fluorés sur les territoires d'outre-mer afin de prendre en compte les spécificités de ces territoires.
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
2-71	N2O anesthésie	Investigation pour passer au GIEC avec quantités de N2O utilisées.
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.
2-75	Froid commercial	Correction de la banque de R-404A en froid commercial (2F1a)

2-76 (new)	HAP & ML soufflage bitume	Intégration des émissions liées au soufflage du bitume du guide EMEP/EEA suite à demandes de la revue
Agriculture		
4-2	Brûlages agricoles	Recherche de données d'activité afin de prendre en compte différentes formes de brûlage agricoles.
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
4-23	Agriculture OM	Meilleures prise en compte des spécificités de l'agriculture en Outre-mer, suite revue CCNUCC
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
04-27	Méthanisation	Intérêt d'intégrer la composition et devenir des digestats de méthanisationces des ACV, afin d'affiner l'hypothèse actuelle qui associe le FE des effluents liquides aux digestats de méthanisation.
04-33	Urée avec inhibiteurs d'uréase	Suivi des livraisons d'urée avec inhibiteurs d'uréase.
04-35	FE EMEP 2023 agriculture	Mise à jour des facteurs d'émission agriculture selon le guide EMEP 2023
UTCATF		
5-1	DOMCOM	Amélioration de la méthodologie pour le suivi UTCATF dans les DOM
5-3	Suivi des terres	Mise à jour du suivi des terres : préparation de l'après TERUTI (pas d'enquête 2016…)
5-10	Bilan forêt - Prélèvements	Mise en cohérence du bilan forêts pour les années récentes : prélèvement versus croissance et mortalité. Attention particulière sur le bois énergie.

5-11	Bilan forêt – Cinétique racinaire	Suite au GT forêt du 20/06/2018, il a été proposé de tester l'application d'une cinétique d'ordre 1 pour la biomasse racinaire en forêt.
5-12	Bilan forêt – Cinétique bois mort	Suite au GT forêt du 20/06/2018, il a été proposé de tester l'application d'une cinétique d'ordre 1 pour le bois mort en forêt.
5-15	Cultures pérennes	Révision des émissions de GES des cultures pérennes, suite revue CCNUCC 2019 (Métropole fait en 2020, suite pour OM à faire).
5-17	Zones humides	Affinement des émissions des zones humides
5-19	Suivi des terres en Outre-mer	Les dernières données de suivi des terres en Outre-mer, datent maintenant de 2012, un point pour l'année 2020 serait très bienvenu ou alternative. Fait pour Guyane. Voir pour les autres territoires.
5-21	Sols minéraux	Possibilités d'amélioration des estimations actuelles de carbone des sols minéraux
05-24	Produits bois	Affinement / améliorations des données sources utilisées pour le bilan des produits bois.
05-25	Arbres hors forêts	Adaptation du suivi des haies, arbres épars et agroforesterie dans l'inventaire UTCATF spatialement explicite.
05-26	Feux de forêt	Affinement des émissions des feux, spatialisation
Déchets		
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.
6-27	Traitement des eaux/N2O des procédés	Suite GT ASTEE : il y a des émissions de N2O venant de procédés de traitement (boues activées, filtres plantés etc.) alors qu'ils ne sont pas prévus dans les LD2006.

		Il y a des élements de FE dans le supplémént 2013 (constructed wetlands) et dans les études IRSTEA, et GIEC 2019.
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	Incinération des boues d'épuration	Les FE utilisés sont très anciens et pourraient être remis en cause Une révision de la série temporelle est nécessaire
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.

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 283 : Suivi des recommandations des revues internationales NECD

NFR code	Review recommendation	MS response / status of implementation
1A3ei and 2D3a	The TERT notes that the value 'zero' is reported in 68 instance(s) across 1 pollutant(s) and 1 NFR sector(s). Please refer to the accompanying file for a full breakdown of pollutants, sectors and years where 'zero' emissions have been reported. Appropriate notation keys should be used when emission values are not estimated. Please provide the values (estimates or notation keys) that should have been reported and confirm that this will be corrected in the 2026 submission. Files: zero_blank_InclFuelUsed_FR_110425_112529.csv	Thank you for pointing out this issue. It is right that notation keys are missing for 1A3ei and 2D3a for all years. We will complete these notation keys for the next NFR submission 2026 (it should be "NA" instead of "0" for both).
1A2b	The TERT notes that for category 1A2b for the pollutant HCB, emissions since 2021 are statistically greater than emissions between 2014-2023. This sector is either in the top 10 sectors for this pollutant for the Member State, or in the top 10 sectors across all EU Member States. The TERT notes the increasing HCB emissions appear to coincide with an increase in liquid fuels activity data although no reference was found in the 2025 IIR. Please explain the reason(s) behind this time series variability.	For the NFR 1A2b and HCB emissions, the emissions for the years 2022 and 2023 increased compared to the period 2014-2021 due to a small increase in solid fuel consumptions. In fact, the use of coke in silicium production (SNAP 040309, NFR 2C2) has progressively decreased, until disappearing in 2022 and 2023. As the non-energy use consumptions of coke are subtracted from the total industrial consumptions from energy balance, in order to get the energy consumptions, the decreasing trend in coke consumption in NFR 2C2 directly impacted the energy consumptions in NFR 1A2b. However, the EFs for HCB emissions for both these sectors (silicium production or energy-use in transveral non-ferrous metal prodution) are equal, and therefore this can be considered as a change of allocation of emissions.

1A2e	Question: For category 1A2e Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Food processing, beverages and tobacco and pollutant SO2, the TERT notes a significant decrease in emissions and activity data for solid fuels from 2021 to 2022.The TERT notes that there is a lack of transparency in the 2024 or 2025 IIR regarding this relatively large year to year change in emissions. This does not relate to an over- or under-estimate of emissions. The TERT further notes there was a recalculation of SO2 emissions for the category 1A2e explained in the 2023 IIR: "Déshydratation : mise à jour de facteurs d'émission pour charbon à coke et houille impactant la série temporelle 2011-2020.", prior to the decrease. Could you please investigate the reason and provide an explanation for the notable decrease of SO2 emissions for the category 1A2e in 2022.	For NFR 1A2e, in the French inventory, some fuel consumptions come from reported data from operators, and then a balance is made with the total fuel consumptions from the energy balance for other operators not covered by the bottom-up approach (below the reporting threshold). Hence, the overall consumption of the sector evolves as the total consumption from the energy balance. In the energy balance in Eurostat format, it can be observed that, for food and beverage industries, the solid fuel consumptions decreased as follows for 2021-2022: from 29 kt to 12 kt for anthracite, from 300 kt to 92 kt for bituminous coal, and from 31 kt to 12 kt for lignite (meanwhile coke consumption is stable). A similar observation can be made for solid fuel consumption taken from reported data (LCP and fodder drying): the overall solid fuel consumption goes from 4,214 TJ in 2021 to 1,216 TJ in 2022 (-71%). This is linked with the will of abandoning solid fuel for biomass in this industry. For this category, as stated in the observation, SO2 emissions are mostly related to solid fuel consumptions. Some small changes occurred in the country-specific SO2 EF for solid fuels but these are relatively minor and do not justify the observed changes. However, for the 2025 submission, the SO2 absorption rates for fodder drying has been revised based on a most updated study from the professional organization (COOP de France) from 56% to 82% for fodder and from 38.7% to 77.5% for pulp, implying recalculations over the whole timeseries from 0.6 kt to 1.8 kt of SO2 emissions (decrease), with -0,8 kt in 2021 and -1,1 kt in 2022.
1A2f	The TERT notes that for category 1A2f, the Implied Emission Factor (IEF) for the pollutants Cd and Pb, where natural gas has been excluded from the activity, is outside of the 95% confidence interval when compared to the other member states for the year 2005. The TERT notes that that there may be an over-/underestimate of emissions or activity data. Please provide clarification on why the current estimate results in an unusually high IEF for Cd and Pb or provide a revised estimate when compared to the other Member States that resolves the potential over-/underestimate.	For NFR 1A2f, for both Cd and Pb emissions, the main sectors contributing in 2005 are glass and cement productions with shares of 92% of the total NFR emissions. In particular, container glass production is the major emission source. For these two subsectors (glass and cement), Tier 3 methodologies are applied and reported emissions by operators are used. The emissions are relatively high due to important fuel oil consumption as well as the process itself in the container glass production. Compared to other EU MS, the main difference is certainly that glass process emissions (NFR 2A3, reported as IE) are included in the NFR 1A2f as the reported emissions (bottom-up approach) do not allow for separate allocation. Comparing with EMEP guidelines, implementing EFs from Tier 2 for container and flat glass productions to French productions result in 4.5 t Cd and 96 t Pb for the year 2005, higher than the ones observed for France for NFR 1A2f (1.3 t Cd and 32 t Pb).

1A3bi	For category 1A3bi Road transport: Passenger cars, pollutant PAHs, year 2005, an observation has been created by the automated checks related to the Implied Emission Factor (IEF) being outside of the 95% confidence interval when compared to other Member States. Specifically, France has the highest IEF compared to other countries, i.e., 0.0000025 t/TJ for liquid fuels, while the second highest value is 0.0000021 t/TJ with the majority of countries being close to 0.0000012 t/TJ. Studying the 2025 IIR, the TERT found that France uses the emission factors provided by the 2023 EMEP/EEA Guidebook (Section 3.6.2.2 Road transport, p. 307) and the latest version of COPERT. Nevertheless, a straightforward explanation cannot be given. Could France please provide an explanation for this high IEF value, i.e., could it possibly be attributed to the historically high share of diesel cars in France compared to other countries?	France indeed applies the PAHs emission factors from the 2023 EMEP/EEA Guidebook, 1.A.3.b.i-iv Road transport, Table 3-79 (page 96) for the 1A3bi category. Given that the emission factors for PAHs vary by vehicle motorization and technology (Euro class for petrol vehicles, injection technology for diesel vehicles, as shown in Table 3-79), the resulting implied emission factor reflects the specific structure of the French fleet over the years. Note that, according to national data used in the French emission inventory, approximately 61% of the total vehicle-kilometres travelled by passenger cars in 2005 were attributable to diesel vehicles.
1A4ai	The TERT notes that significant recalculations have been applied (>10% change) for the category 1A4ai for the pollutants NOx and years 2022 (a - 4.1% change). This category is a key category in the latest year of the inventory submission. The TERT notes that an explanation cannot be sourced in the 2025 IIR for the NOx recalculation although there is for the SO2 recalculation (IIR Tableau 137 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A4 p. 358-9). Please explain why significant recalculations have taken place.	A 14.1% increase in NOx emissions in the tertiary sector for the year 2022 can be oberved on our side, and it is entirely linked to the revision of the national energy balance, described in the IIR table number 137. The revision is due to a significant increase in the consumption of heating fuel oil (-780 ktep in 2022), which is slightly balanced by a decrease in natural gas consumption (-78 ktep) in this sector.
1A4bi	The TERT notes that significant recalculations have been applied (>10% change) for the category 1A4bi for the pollutants NOx and year 2022 (a -10.6% change). This category is a key category in the latest year of the inventory submission. The TERT notes that an explanation cannot be sourced in the 2025 IIR for the NOx recalculation although there is for the SO2 recalculation (IIR Tableau 137 : Récapitulatif des recalculs du NFR 1A4 p. 358-9). Please explain why significant recalculations have taken place.	These significant recalculations in NOx emissions are originated in an improvement in the NOx emissions factors used for the combustion of domestic wood in residential appliances. More specifically, NOx emission factors for efficient and advanced appliances (logwood stoves and closed fireplaces) are now taken from up-to-date French specific studies. This explanation has unfortunately been omitted in the IIR table listing all recalculations, our apologies.

2B10a	Question: The TERT notes that significant recalculations have been applied (>20% change) for the category 2B10a for the pollutant PM2.5 and years 2008 to 2022 (see attachment). This category is a key category in the latest year of the inventory submission. The recalculation is justified in the IIR, table 164, page 459, by referring to changes in production data. However, there is a lack of transparency in the IIR regarding what these changes in production data are and which sub-sectors that specifically are contributing to the changes. Please explain why significant recalculations have taken place by providing further information about the changes in activity data.	Dear TERT, thank you for your question. To be more precise about the production changes, production of CS2 is one of the main emission sources of 2B10a, there was an overestimation due to the fact that the operator of the plant changed his reporting of the activity data between 2007 and 2008. Before 2008, he was reporting the production of CS2 only and after 2008 he reported the total productions of the site (including other chemicals) which led to an overestimation of approximatively 40% for the production of CS2 and 20% for the total sector. Since this sector wasn't a main contributor or key sources to any pollutant reported before we included PM10 and PM2.5 emissions factor, this biased increase in production was left unexplained. Contact with the plant on another subject led to the discovery of this change of scope in their reporting. For the last inventory, we asked the operator for the corrected activity data for CS2 production which we received and integrated in the last inventory leading to that recalculation. Since the operator is the only producer of CS2 in France we cannot communicate their production but you will find a file in base 100 (with year 1990 as a reference : FR-2B10a-CS2prod).

2C1	Question: The TERT notes that for category 2C1 for the pollutant Cd, emissions for the years 2016 and 2022 are statistically greater than emissions between 2014-2023. The sector 2C1 is a key category for Cd emissions. This overestimate may have an impact on total emissions that is above the threshold of significance. Attached is a document with figures of emissions, activity data and implied emission factors. The trend in Cd emissions is significantly different from the activity data and emission trend of Pb and Hg. The TERT cannot see that this is sufficiently explained in the IIR. The IIR should also explain the peaks in emissions for Hg (in 2014) and Pb (in 2012). Please provide further justification for your current estimate or provide a revised estimate that resolves the potential overestimate. cf Files: FR-2C1-2025-0001.docx	For this sector and these substances, all emissions are estimated based on iron and steel plants' annual emissions reports. - For Cd emissions, the peak in 2016 comes from blast furnaces' emissions in integrated iron and steel plants. Operators provided the following comments in their annual emission reports for justifying these peaks: "The variability of the results is significant, as emissions depend on the quality of the ores supplied." and "fugitive emissions during a number of breakdowns at blast furnace pollution control units in early 2016.". - The peak of Cd emissions in 2022 comes from several electric steel plants. The comments provided by the operators in their annual emission reports mention: "The secondary dust collection saw an increase in dust emissions at the end of 2022 due to premature deterioration of bag filters.", which also impact heavy metal emissions. Another comment is: "The products were manufactured with a little more alloy elements." Another plant increased the recycling of batteries in 2022, which involved an increase of Cd emissions. And another operator justified it by a bad quality of scraps (used as inputs). Regarding the process and the origin and variability of raw material inputs, we consider the emissions reliable. - For Hg emissions, the peak of emissions in 2014 is mainly due to three electric steel plants. The biggest emitter jutified the Hg emissions increase as follows: " Variations in the concentrations of the elements measured in diffuse emissions, particularly during steelmaking in the electric arc furnace, are due to the composition of the scrap metal during charging, depending on the grade required by the customer. This is why we also encounter variations in emissions from the electric arc furnace.". Another operator justified: "Input material composition (scraps)". - For Pb emissions, the peak of emissions in 2012 is due to one electric steel plant for which Pb emissions increased significantly in 2012. No specific comment from the operator is available but we suggest that this peak can come from the composition of the scraps used that year as input of the electric arc furnace. All other heavy metal emissions are also high in 2012 for that plant. Regarding the processes in iron and steel industry, the origin and variability of raw material inputs, in combination with the requirements of customers for the steel bought which change through time, we do not think that there is an overestimate of emissions. Explanations will be added in the IIR in the next submission next year.

2D3a	Question: The TERT notes that significant recalculations have been applied (~15% change) for the category 2D3a for the pollutant(s) NMVOC and year 2021 (see attachment). This category is a key category in the latest year of the inventory submission. The TERT acknowledges that the IIR, page 500, justifies the recalculation by referring to updates in population data. However, there is a lack of transparency in the IIR regarding what these updates in population data are. The recalculation represents a change in national total of about 2% which means that the recalculation has an impact on total emissions that is above the threshold of significance. Please provide further information and justification for the recalculation by providing numbers for the changes in activity data.	Citepa provides, on page 500 of the IIR report, detailed explanations for the recalculations in the 2D3a category (including domestic solvent use, the domestic use of pharmaceutical products, and the use of sanitizers), which contributed to the change in NMVOC emissions. Contrary to what is stated in the TERT question, the recalculations are not solely due to population data updates. Additional changes include : - An update of the EF used for estimating emissions from hand gel use, - The identification and correction of a calculation error affecting NMVOC emissions from hand gel use, - The update of statistics for the year 2022 for domestic solvent use. VOC emissions from hand gel use were previously overestimated in the 2021 and 2022 inventories, with values of 55.5 kt and 54.3 kt, respectively. In the 2025 submission, these figures were corrected to 29.4 kt in 2021 and 29.1 kt in 2022. This correction accounts for the observed ~15% change in 2021 in emissions for the 2D3a category between the 2024 and 2025 submissions. The difference was less pronounced in 2022, as the impact of this correction was partially offset by updated population and statistical data for estimating VOC emissions from domestic solvent uses (122.2 kt in 2022 in the 2024 submission in comparison with 141.9 kt for the same year in the 2025 submission).

2D3g	1-Question: The TERT notes that with reference to source category 2D3g that there may be an underestimate of emissions. The TERT notes that Not Applicable (NA) is reported for PAHs from this source category while the EMEP/EEA Guidebook 2016 provides EFs for benzo(a)pyrene from asphalt blowing. No additional information on the use of this notation key could be found in the IIR. Please explain the reason for using the currently reported notation key (NA) for this source category in relation to the available EF in the EMEP/EEA Guidebook 2016. 2-Question: The TERT notes with reference to finding FR-2D3g-2018-0001 that in table 83 of the IIR it is stated that the recommendation regarding the inclusion for the calculation for benzo(a)pyrene for asphalt blowing has not been implemented and is waiting for the emission factor in the Guidebook to be updated. Could you please explain if asphalt blowing occurs in France and did France already collect statistics? And could you provide a timeline when this recommendation will be implemented? 3-Question: For 2D3g Chemical products for asphalt blowing for PAHs for 1990-2018 the TERT noted that the previous recommendation has not been implemented. France did not provide an estimate for these emissions neither changed the notation keys for 2D3g or 1B2a.iv to IE. The TERT also noted that France explains (IIR p. 512) that it is waiting for the update of the EF in the guidebook. The TERT notes that the EF has been updated in the 2019 EMEP/EEA Guidebook. As such, the TERT identified a potential underestimate. The TERT would prefer to obtain a revised estimate from France for these emissions. It is currently not possible for the TERT to provide a numerical emission estimate because of the lack of the activity data and therefore, the TERT invites France to provide a revised estimate. If you decide to provide a revised estimate, please send the calculation sheet attached to your reply to make it transparent which emissions are revised and which parameters were used for calculating the revised estimate. Please also provide a short explanation of the method used for calculating the revised estimate so that the review team can make a proper judgement on the revised estimate. As the NECD review of heavy metals and POPs focuses on the years 1990, 2005, 2016-18 please provide a revised estimate for 1990, 2005, 2016-18. 4-Question: The TERT identified a potential under estimate exceeding the threshold of significance for 2D3g Chemical products for asphalt blowing for PAHs for 1990-2018. Therefore, this is a case for a potential technical correction. The TERT notes the discussion already held throughout the review with France on the difficulties with making a corrected estimate and notes that	Dear TERT, Thank you for notifying us of this shortcoming, you will find a revised estimate attached to this answer (FR-2D3g-Asphalt blowing.xlsx) using the EMEP emission factor and our activity data. Emissions will be included in the next submission 2026 of the inventory. Please note: the EMEP/EEA GB only proposes total PAH EF for this activity. We will need to estimate the allocation of such total PAH emissions for the 4 UNECE PAH. If the TERT has some information or references for this species allocation, we are quite interested.

	it is currently not possible for the TERT to provide a numerical emission estimate as a technical correction based on a Tier 2 method. The TERT invites France to provide revised estimates for this category by 29 July or provide a clear justification for not estimating these emissions while a method and EF exist in the 2016 Guidebook. If you decide to provide a revised estimate, please send the calculation sheet attached to your reply to make it transparent which emissions are revised and which parameters were used for calculating the revised estimate. Please also provide a short explanation of the method used for calculating the revised estimate so that the review team can make a proper judgement on the revised estimate. As the NECD review of heavy metals and POPs focuses on the years 1990, 2005, 2016-18 please provide a revised estimate for 1990, 2005, 2016-18. 5-Answer: Concerning asphalt blowing, statistics on this activity have not been investigated until now except for oil refineries that can declare having this activity within the refinery activities. For oil refineries, emissions are reported in NFR 1B2a.iv but B(a)P are not estimated at the moment (and reported as Not Applicable in the NFR tables). For the next submission, France will investigate to collect statistics on this activity and to estimate B(a)P emissions. If no statistics are found, notation key (NA) will be replaced by (NE) in category 2D3g, or if this activity is found to only take place in oil refineries, such emissions will be reported in 1B2aiv and "IE" will be reported in 2D3g for B(a)P emissions. 6-Answer: Concerning asphalt blowing, the investigation on statistics did not reveal that this activity is occuring in France except in some oil refineries. Concerning the B(a)P emissions, the reference for this EF in the 2016 Guidebook (4 kg/t) is the GB EMEP/EEA 2006 where only global HAP EF is given with the value 3.75 kg/t : this reference link is not clear. So we decided to continue to not report such emissions yet from refineries. The notation key "NA" should be replaced with "NE" (in NFR 1B2a.iv and 2D3g). 7-Answer: As already mentioned by France last year, "Concerning asphalt blowing, the investigation on statistics did not reveal that this activity is occuring in France except in some oil refineries. Concerning the B(a)P emissions, the reference for this EF (4 kg/t) is the GB EMEP/EEA 2006 where only global HAP EF is given with the value 3.75 kg/t : this reference link is not clear. So we decided to continue to not report such emissions yet from refineries. The notation key "NA" should be replaced with "NE" (in NFR 1B2a.iv and 2D3g)." 8-Answer: In accordance with TERT's request and in accordance with the 2019	

	EMEP guidebook, we submit an estimate of PAH emissions linked to the blowing of bitumen (060310) for the period 1990-2018, see attachedfile : FR-2D3g-2018-0001 - Asphalt blowing EMEP 2019.xlsx 9-Question: The TERT notes that France did not implement the revised estimate it submitted during the 2020 review. The TERT asks France to explain the reason for this and to justify the omission. 10-Answer: This is unfortunately an oversight when updating the exports of inventory results from sectoral calculation files into the central inventory database. These emissions have been calculated and will be included in the next submission. See the revised estimate file attached. 11-Question: The TERT notes that France did not implement the revised estimate it submitted during the 2020 and 2021 review. This may have an impact on total emissions that is above the threshold of significance for PAH and sector 2D3g. Please provide justification for your current estimate or provide a revised estimate that resolves the potential underestimate.	

2G	Question: The TERT notes that for category 2G Other product use for the pollutant Cd, emissions for the year 2020 are statistically lower than emissions between 2010-2023. The sector is a key sector for pollutant Cd. In addition, for Hg and Pb the emissions in 2020, 2021 and 2022 are statistically lower than emissions between 2010-2023 (see attachment). The TERT is unable to determine whether there are underestimations of these pollutants that may be above the threshold of significance. There is a lack of transparency in the IIR regarding the activity data that most likely is the main cause of the trend in emissions. Please provide further clarification of emission of these pollutants from category 2G by providing information on the activity data and emission factors used.	Dear TERT thank you for your question. The heavy metals emissions reported in 2G category are mainly driven by the oil combustion emissions by road transport vehicles with 4-stroke engines (non energetic usage). The methodology used to calculate oil consumption and associated emissions is described in 1A3b - Road transport chapter. 2G chapter refer to the 1A3b - Road transport for the detailled explanation. The emissions are based on type of vehicles, motorisation, age and average annual kilometer and other parameters detailled in 1A3b - Road transport.
3Da1	Question: For NH3 emissions from 3Da1 inorganic N fertilisers, the TERT notes that France has applied a significant recalculation to emissions since the previous submission across the whole 1990-2023 time series. In the IIR (p.656) this is explained as due to updating the estimate to align with the new Tier 2 emission factors provided in the 2023 EMEP/EEA Guidebook. The TERT further notes that a simplified Tier 2 approach is implemented by France (described on page 640 of the IIR), which takes the average emission factor of each fertiliser type on high (pH > 7) and normal (pH <= 7) pH soils, because the BDAT study indicated that these two categories are about equal in share of area. However, the TERT notes that the factor of importance is the share of each fertiliser type applied on each type of soil, which may be very different to the share of area if fertiliser is disproportionately spread on either high or low pH soils - either N fertiliser as a whole (for example if crop production in general is not equally shared between soil types) or specific types (if certain fertilisers are more appropriate for high or low pH soils). The impact of higher share of application on one soil type or another would be highest where the EFs for the two soil types differ substantially, e.g. for ammonium sulphate and phosphate. The TERT notes that to properly implement the Tier 2 method it is necessary to estimate the share of each fertiliser type applied to high and low pH soils, but that this would require geographically disaggregated data on fertiliser application. Please could France clarify whether the share of soil types was assessed for the entire national territory, or only agricultural land to which fertiliser would be applied? Please could France also comment on whether geographically disaggregated data on fertiliser application is available in order to support a full implementation of the Tier 2 method?	Dear TERT, thank you for your question. The allocation is based on pH data coming from a national database on soil analyses (BDAT: https://www.gissol.fr/le-gis/programmes/base-de-donnees-danalyses-des-terres-bdat-62) which provides general results at district level ("canton" in French) for agricultural soils (mean, median, quartile...). Based on this database, an analysis was conducted to allocate agricultural area between normal pH (<7) or high pH (>7) which led to a 50%-50% allocation. Yet, this proxy could vertinly be imporved by using estimates of N fertilisation at high resolution. A spatial mapping of emissions was recently made for EMEP reporting and other country projects (https://www.citepa.org/inventaires-spatialises/) which is based on estimates of N inputs from mineral fertilizers at city level ("commune" in French). The estimation doesn't distinguish fertiliser forms (yet), but this work could help to improve the estimate of emissions from synthetic fertilisers in the next submission. We will provide a clear timeline and if possible, report an estimate in next submission..

3Da4	Question: For 3Da4 crop residues applied to soils, the TERT notes that emissions are reported using the notation key 'NE' (Not estimated) when a Tier 1 method is available in the EMEP/EEA Guidebook, which means there there may be an under-estimate of emissions. This under-estimate may have an impact on total emissions that is above the threshold of significance. The TERT has not been able to find in the IIR any explanation for why emissions are not estimated for this category. The TERT notes that the only additional parameters required to make the estimate (which are not also required to estimate N2O emissions from crop residues, which are reported in the greenhouse gas inventory) are the estimates of the fraction of residues incorporated or removed from the field within 3 days, and potentially the area of some cover crops/green manures which may not be included in the crop statistics presented in section 5.3.10 of the IIR. The TERT considers that it would be possible to obtain appropriate expert judgement, or make use of the values used by other countries for an interim period whilst country-specific data are being sought. Please provide further justification for your current use of the 'NE' notation key, or provide a revised estimate that resolves the potential under-estimate. You may also wish to provide evidence in case you consider that the impact of the under-estimate is below the threshold of significance.	Dear TERT, thank you for your question. Indeed, the EMEP guidebook provides a Tier 1 methodology without default value for the parameter for F(t) which is the fraction of the crop residues that remains on the soil surface for longer than 3 days after harvesting for crop 't'. Assuming an F(t) of 100% leads to emissions coming mainly from pastures for which we have no indication of remaining residues after harvest. It is also not so clear that all residues are really to be considered, as it is indicated that it they should be non-senescent. Considering these uncertainties, we delayed the application of this new methodology and planned to discuss this issue first with experts from the national technical group on agricultural emissions (which meets once a year), which was not possible to do for this specific source for the 2025 submission. We will provide a clear timeline and if possible, report an estimate in next submission..
3Dc	Question: The TERT notes with reference to PM10, TSP and PM2.5 emissions from 3Dc Farm-level agricultural operations including storage, handling and transport of agricultural products, that a Tier 1 method is used for a key category. The TERT notes that using a Tier 1 method is not best practice, and could result in an over- or under-estimate of emissions. This over- or under-estimate may have an impact on total emissions that is above the threshold of significance. The TERT is of the view that the use of a Tier 2 method could be possible for France using the activity data on crop areas described in section 5.3.10 of the IIR, the default emission factors in Tables 3-6 to 3-9 of chapter 3D of the 2023 EMEP/EEA Guidebook, along with information on the number of times each operation is carried out per year per crop type (the last of which could be estimated with expert judgement if no statistical data are available). The TERT notes that France has included an item in the improvement plan on page 657 of the IIR to move to Tier 2 in future, but no concrete plan or timeline is stated. Please provide a revised estimate (i.e. calculate PM2.5, PM10 and TSP emissions from 3Dc using a Tier 2 method) that follows best practice or provide a clear justification for using a Tier 1 method for this key category. You may also wish to provide evidence in case you consider that the impact of the over- or under-estimate is below the threshold of significance.	Dear TERT, thank you for your question. PM2.5, PM10 and TSP emissions can be calculated with Tier 2 and we are planning to improve the methodology in the next submission. Considering a recent study involving data collection to better estimate energy consumption from agricultural operations, we feel confident this is doable for the next submission : (https://www.citepa.org/outil-simplifie-pour-le-calcul-des-emissions-du-secteur-agricole/). We will provide a clear timeline and if possible, report an estimate in next submission..

5C2	For 5C2 Open burning of waste and pollutants Cd and Pb and years 1990-2023 the TERT notes that in the NFR table the notation key 'NE' (not estimated) is used whilst a Tier 1 method is available in the 2023 EMEP/EEA Guidebook and there may be an under-estimate of emissions. This under-estimate does not have an impact on total emissions that is above the threshold of significance. Please provide further justification for not applying the tier 1 method in your current estimate or explain how reporting will be corrected in the next submission.	Thank you for the observation. We acknowledge that Pb and Cd emissions from small-scale waste burning (5C2) were not estimated in the current submission. We confirm that a Tier 1 methodology for these pollutants is available in the 2023 EMEP/EEA Guidebook (Chapter 5.C.2). We have now applied the Tier 1 approach using the following emission factors from the Guidebook (Table 3-1): Pb: 0.49 g/Mg of waste; Cd: 0.10 g/Mg of waste. Based on our activity data for 2023, this results in the following estimates for France: Pb emissions: 325.7 kg and Cd emissions: 66.5 kg. These amounts represent 0.00037% and 0.00123% of the national emissions of Pb and Cd, respectively. This under-estimate does not have an impact on total emissions that is far below the threshold of significance. We will include the estimation of heavy metals, including Pb and Cd, using this Tier 1 methodology in our next inventory calculation and ensure that this information is reflected in the next IIR submission 2026.
5C2	For 5C2 Open burning of waste and pollutant SOx and time series 1990-2023 the TERT notes that there is a lack of transparency as in the IIR in section 6.5.2.2 (page 717) is stated that for this category only the source "Green waste fires" are reported and that on page 718 is stated that SO2 emissions from 'Green waste fires' are neglected whilst SOx emissions for this source are reported in de NFR table. This does not have an impact on total emissions that is above the threshold of significance. Please provide further justification for your current estimate or explain how reporting will be corrected in the next submission.	We acknowledge that the discrepancy noted stems from a misunderstanding in the current version of the IIR. Although the text in section 6.5.2.2 mentions that SO_2 emissions from "green waste fires" are neglected, we did in fact calculate these emissions based on the quantity of green waste burned multiplied by the Tier 1 emission factor provided in the EMEP/EEA Guidebook 2023. Specifically, the emission factor used was taken from Table 3-1 in Chapter 5.C.2 "Open burning of waste" (Tier 1 emission factors for small-scale burning). Based on this methodology, the estimated SO_2 emissions from green waste fires amount to 73 Mg for the year 2023. We will revise the corresponding text and ensure consistency in the next submission of the IIR to reflect this approach and avoid confusion.
5C2	For 5C2 Open burning of waste and pollutant PCDD/F and 1990-2023 the TERT notes that in IIR in the section on this source (page 717-719) there is a lack of transparency regarding the missing explanation for not reporting emissions from the illegal burning of agricultural plastics. The TERT notes that depending on composition of these plastics substantial emissions can arise from uncontrolled burning of agricultural plastics. The TERT notes that in the IIR it is stated that 'only CO2 emissions are estimated' and thus activity data is expected to be available. The TERT is unable to determine whether there is an under-estimate that may be above the threshold of significance. Please provide further clarification for not reporting emissions from illegal burning of agricultural plastics.	Dear TERT, thank you for your question. Based on a Tier 1 emission factor for PCDD/F given by the EMEP guidebook 2023 table 3.1 p6 chap 5C2 (10 µg I-TEQ / Mg waste) and our activity data ranging from 600 to 3000 tonnes of illegally burned agricultural plastic, we find that annual emissions of PCDD/F from this source are ranging from 0.006 to 0.03 g I-TEQ / year.This is well below the threshold of significance (0.002% to 0.005%) for the entire time series.

Tableau 284 : Suivi des recommandations des revues internationales EMRT 2025 Projection

Observation	NFR Code	Projection Year	Reference Year	Pollutants	Q&A	Q&A_Answer
FR-0A-2025-0001	0A National total (based on fuel sold)	2025, 2030	2025	NMVOC	Question: The TRT notes that emissions reported in the reference year of the projections (2022) are not equal to the emission reported for the same year in the baseline historical inventory upon which they are based (as identified in the NRF tables and the Annex IV submission) for the pollutant(s) and sector(s): NMVOC (2D3a, 2D3i). Please explain the reason for the discrepancy.	Indeed, this is correct, thank you for noticing it, there was a misallocation done in the projection template reporting for the SNAP 060406 for wood preservation which is, since 2023 submission, reported in NFR 2D3i, instead of NFR 2D3a previously. In overall, the emissions are correctly estimated and the aggregated total of these two subsectors are consistent both for projected and historical years. In addition, the timeseries consistency is ensured as the misallocation of NFR has been perpetuated for projected years. This is well noted for the next projection submission where this misallocation will be corrected.
FR-0A-2025-0002	0A National total (based on fuel sold)	2025, 2030, 2040, 2050	2022	BC	Question: The TRT notes that France does not provide any emission projections of black carbon. Please clarify whether you intend to submit any black carbon emission projections in future submissions.	Indeed, as BC emission projection reporting is not mandatory, France has not estimated (and hence reported) them in projections. This is quite a challenging and time-consuming work as France estimate BC emissions at the same level of details as other emissions (i.e., at the SNAP level). It is less sure than BC estimates are provided in the next submission as long as this is not mandatory
FR-0A-2025-0003	0A National total (based on fuel sold)	2025, 2030, 2040, 2050	2022	NOx	Question: The TRT notes that France does not provide any projected activity data for any sector. In order to improve transparency of the emission projections, including activity data in the Annex IV submission would be beneficial. Please clarify whether you are intending on including activity data in future projection submissions.	France has not worked yet on the reporting of activity data according to the new reporting template, but provide most of the activity data necessary for projection calculations in the associated projection report. Including them in the next submission is a consequent work but will be considered in order to enhance transparency.
FR-0A-2025-0004	0A National total (based on fuel sold)	2040	2022	SO2, NOx	Question: The TRT notes that France does not provide any emission projections for 2040 under the WM scenario. Please clarify whether you intend to include projections for 2040 in the next submission.	Indeed, as the reporting of estimates for the year 2040 is not mandatory, it has not been reported but estimations were made for the first time this year in order to prepare for probable future requirements under the revised Gothenburg Protocol. These estimates have not yet been analyzed and no submission is planned at this stage.

FR-1A2gviii-2023-0001	1A2gviii Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Other (please specify in the IIR)	2025, 2030, 2050	2020	SO2, NOx, PM2.5, NMVOC	Question: The TRT notes with reference to NFR 1A2gviii, pollutants NOx, SOx, PM2.5 and NMVOC, years 2025 and 2030 (and 2050) and With Measures scenario that there is a lack of transparency regarding why projected emissions for 1A2gviii are higher than historic emissions. The With Measures Projections report for the 2023 submission includes commentary to explain how emission estimates were developed for NFR 1A2 activities but the Annex IV submission for NFR 1A2a, 1A2b, 1A2c, 1A2d, 1A2e and 1A2f uses the notation key 'IE' (included elsewhere). Emission estimates for 1A2gvii (NRMM) are reported. It is unclear if the 1A2gviii emission estimates for 2025 and 2030 include contributions from other 1A2 activities or, if emissions are included in emission estimates for NFR 2 activities. The TRT is unable to determine whether there is an under or overestimate in projected emissions. Please provide clarification of what is included in emission estimates for 1A2gviii identifying whether emission estimates for 1A2a, 1A2b, 1A2c, 1A2d, 1A2e and 1A2f are included (or if some are assigned to NFR 2 activities). Answer: Indeed, for the projection exercise, the modelled energy balance only gives the fuel consumptions for the line "Industry", as opposed to the IEA format used for historical data where details are given per industrial subsector. Hence, it has been chosen to report all the emissions from NFR 1A2 but 1A2gvii (NRMM), where a specific methodology is applied, into the NFR 1A2gviii. The share of fuels between industrial sectors of 2020 could have been applied as constant for the projected activity data but it seems not accurate to represent the evolution of the various subsectors. In addition, it is the first year France uses the new Annex IV template therefore this matter was not issue for the previous submissions, and no specific methodology was developped for this year but this would be considered for future submissions. Therefore, the NFR 1A2gviii projected emissions must be compared to the aggregate of the NFR 1A2 for stationary sources for the reference year. Question: For category 1A2gviii, pollutants NOx, SOx, PM2.5 and NMVOC, years 2025 and 2030 (and 2050) and With Measures scenario the TRT noted during the 2023 review that there is a lack of transparency regarding why projected emissions for 1A2gviii are higher than historic emissions. In response to a question raised during the	Thank you for your observation. Indeed, this improvement could not be implemented as a detailed projected energy balance with modelled fuel consumptions disaggregated per industrial subsector, as in the historical energy balance, has not been developed yet. Hence, an approximate NFR 1A2 disaggregation could be realized based on the distribution of fuels for the reference year but will be slightly incorrect because not taking into account structural changes in subsectors such as changes in energy mix, the evolution of industrial productions, etc. In addition, this work seems pretty challenging and time consuming for the inventory projection team at this moment. Further work with the energy modellers would need to be realized in order to consider a more appropriate and precise industrial fuel consumption disaggregation. This will be discussed for the next submission but no engagement can be provided for realizing this improvement.

					review, France explained that all combustion in industry (except mobile machinery) was reported in 1A2gviii as the modelled energy balance only gives the fuel consumptions for the line "Industry", in comparison with the detail available for historical data. No specific methodology was developed by France to allow allocation to other 1A2 categories for this year. France indicated that this would be considered for future submissions. The TRT notes that this issue does not relate to an over or underestimate and encourages France to review what information will be needed to report emissions at a more disaggregated level in the next submission. The TRT notes during the 2025 review that all emissions from combustion in industry are reported under 1A2gviii, with other 1A2 sectors being reported as 'IE'. Please provide clarification on when more disaggregated estimates will be calculated.	
FR-1A2gviii-2025-0001	1A2gviii Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Other (please specify in the IIR)	2025, 2030	2022	NOx, NMVOC	Question: For NFR 1A2gviii, and pollutants NMVOC and NOx, for year[s] 2022-2030, the TRT noted that the With Measures scenario trend is an outlier compared the the EU average. The projected trend shows a significant increase in emissions between 2022 and 2025. This could relate to an overestimate of emissions in 2025 and 2030. Please provide further explanation for your current estimates.	As mentioned in answer to previous review observation FR-1A2gviii-2023-0001, the emissions of the energy use of fuels in projections cannot be separately allocated among the various NFR categories as the modelled activity data only gives the total fuel consumptions for the whole industry, per fuel type. Therefore, for the projected years, all emissions related to stationary combustion are reported in NFR 1A2gviii. Considering this (i.e., comparing the total of NFR 1A2 excluding 1A2gvii mobile combustion), the emissions of NOx and NMVOC respectively decrease from 72.9 to 60.4 kt (-17% reduction) for NOx and from 4.8 to 4.5 kt for NMVOC (-5% reduction). The emission reductions are related to the implementation of regulations such as IED for stationary installations as well as the evolution of the energy mix.

FR-1B1b-2025-0001	1B1b Fugitive emission from solid fuels: Solid fuel transformation	2025, 2030	2025	SO2, NOx	Question: The TRT notes that for category 1B1b Fugitive emission from solid fuels: Solid fuel transformation for the year(s) and pollutant(s): NOx (2025, 2030); SOx (2025, 2030), and for the scenario(s) With Measures (WM), emissions are reported as 'NE'. The TRT would expect emissions to be reported for these pollutants because emissions of other pollutants have been reported for this category. Please provide an explanation as to why 'NE' is used just for these pollutants.	For the NFR 1B1b, there are no emissions of NOx and SO2 reported in both historical and projected years, although there are some default EF in the EMEP guidebook. In the GHG inventory, it is considered that fugitive emissions of NOx and SO2 for coke production are rather negligible (<1%) compared to combustion emissions, based on default EF from EMEP guidebook, hence, the emissions from reported measurements from operators (bottom-up approach) are all allocated to the NFR 1A1c.
FR-1B1b-2025-0002	1B1b Fugitive emission from solid fuels: Solid fuel transformation	2025, 2030	2022	SO2, NOx	Question: The TRT notes with reference to NFR 1B1b, pollutants NOx and SOx, for the WM scenario, a notation key of 'IE' is used in the historic inventory and a notation key of 'NE' is used for the projections. This relates to a lack of transparency as the IIR does not explain why 'NE' is used for the projections. The TRT is unable to determine whether there is an under or overestimate in projected emissions. Please provide further clarification of why 'NE' is used for the projections estimates and 'IE' is used for historic estimates.	Indeed, thank your for your observation, there is a mistake in the projection template reported and the correct notation keys used for both historical and projected emissions of NOx and SO2 for NFR 1B1b should be "IE" as, as explained in answer to FR-1B1b-2025-0001, the fugitive emissions are included in NFR 1A1c as the reported emissions from operators cannot be allocated separately. This discrepancy in notation key will be corrected for next projection submission.

FR-2C7b-2025-0001	2C7b Nickel production	2025, 2030	2025	SO2	Question: The TRT notes that for category 2C7b Nickel production for the year(s) and pollutant(s): SOx (2025, 2030), and for the scenario(s) With Measures (WM), emissions are reported as 'NE'. The TRT would expect emissions to be reported for these pollutants because emissions of other pollutants have been reported for this category. Please provide justification for your current estimate or provide a description of how this issue will be resolved in the next submission	The emissions of SOx for NFR 2C7b are reported as NE in both historical and projected years because, on the inventory used as a reference for the calculation of the projections (i.e., the one submitted in March 2024), SO2 emissions for processes related to nickel production were not yet included in the inventory. The estimation of emissions has been included for the 2025 NECD inventory reporting. Hence, the SO2 emissions for NFR 2C7b for projected years will be included in the next projection submission.

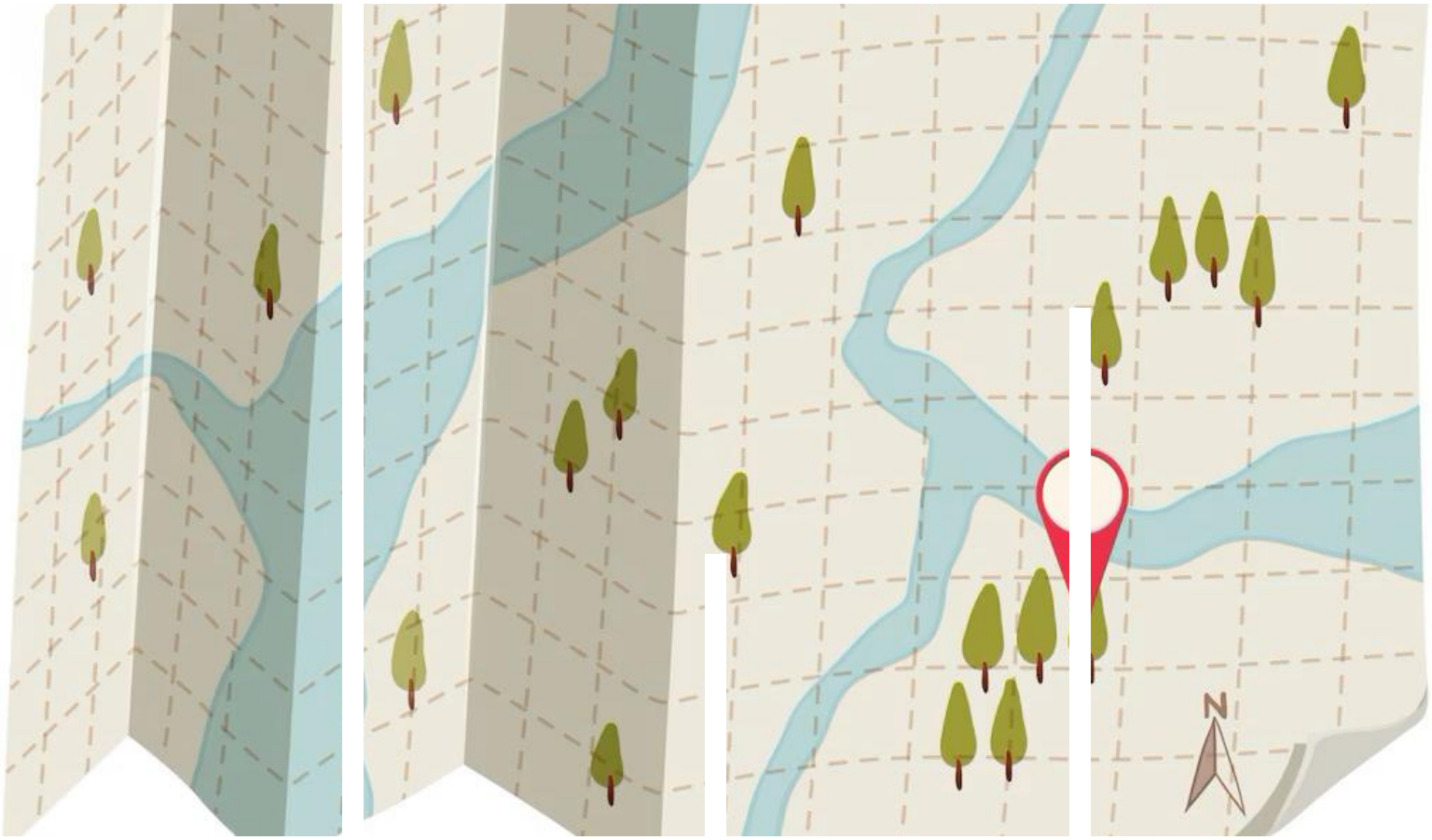
FR-3Da1-2025-0001	3Da1 Inorganic N-fertilizers (includes also urea application)	2025, 2030	2022	NH3	Question: The TERT notes, with reference to category 3Da1 – Inorganic Nfertilizers (includes also urea application), a lack of transparency in the reporting of NH_3 emissions for the projected period (2025/2030). In particular, it is noted that in the 2025 submission, France recalculated the time series for historical NH_3 emissions. However, the WM projections, including the 2022 reference year, were developed based on the time series trend submitted in the 2024 submission. Hence, the TRT is unable to determine whether there is an under or overestimate in projected emissions. Please provide further clarification regarding the activity data, assumptions and methodologies used to evaluate the WM scenario (2025/2030) for NH3 emissions.	Thanks for your question. In the 2025 submission, NH3 emissions from 3Da1 have been recalculated as the new 2023 EMEP EFs have been used. This update led to an upward revision of NH3 emissions for this category for the whole period. As mentioned by the TERT, projection estimates are based on the 2024 submission. The projection estimates are consistent with historical emissions from the 2024 submission which were estimated based on the 2019 EMEP Guidebook. Projected total amounts of N fertilizer per type are provided in the report (Table 58, p.139). Two NH3 emission reduction practices are taken into account in the inventory: the addition of urease inhibitors and rapid post-spreading incorporation (nitrogen solution and urea). The application rates for these two practices are kept constant over the period, equal to the level of the rate of 2022. For detailed information on calculation, EF, and reduction practices considered, please refer to the 2024 IIR (p.511-517).
FR-3F-2025-0001	3F Field burning of agricultural residues	2025, 2030	2022	NH3	Question: The TERT notes, with reference to category 3.F – Field Burning of Agricultural Residues, a lack of transparency in the reporting of NH_3 emissions for the projected period (2025/2030). In particular, it is noted that in the 2025 submission, France recalculated the time series for historical NH_3 emissions. However, the WM projections, including the 2022 reference year, were developed based on the time series trend submitted in the 2024 submission. Hence, the TRT is unable to determine whether there is an under or overestimate in projected emissions. Please provide further clarification regarding the activity data, assumptions and methodologies used to evaluate the WM scenario (2025/2030) for NH3 emissions.	Thanks for your question. In the 2025 submission, we included results from the last survey on crop production ("Enquête Pratiques Culturales, 2021") providing updated information on burning residues practices for the year 2020. The last survey available before this one concerned the year 2016. The new survey shows a decrease in residue burning practices. The share of burning residues between these two points (2016 and 2020) has been interpolated. Thus, emissions have been revised for 2017-2022. As mentioned by the TERT, projection estimates are based on the 2024 submission. The projection estimates are consistent with data available at that time from the 2024 submission, meaning that the latest known data concerned the burning practices from the year 2016. For projected emissions, the latest share of burning per category has been maintained as mentioned in the report (p.240). For detailed information on the calculation of the amount of residues and the share of burning per subcategory, please refer to the 2024 IIR report (p.526-532). Default EF from the 2019 Emep Guidebook were used (see 2024 IIR, p.533). The resulting decreasing emissions are due to a decrease in the amount of burnt residues, mainly explained by a decreasing area.

FR-2D3a-2025-0001	2D3a Domestic solvent use including fungicides	2025, 2030, 2050	2022	NMVOC	Question: The TRT notes with reference to category 2D3a and pollutant NMVOC for years 2022, 2025, 2030 and 2050 that there is a disconnect between the base year emissions for WM scenario (182.84 kt) compared to the 2022 value from the historical inventory (180.68 kt, 2024 submission). In addition, the TRT notes that France's latest (2025) inventory submission has been recalculated for this pollutant and source for the period 2021-2023. The TRT is unable to determine whether there is an under or overestimate in projected emissions. Please i) explain the disconnect between historical inventory base year emissions and the WM projections base year; and ii) provide comment on whether the latest (2025) inventory submission of France is likely to have a significant impact on the projected timeseries for NMVOC from 2D3a.	Thank you for your observation. This issue is partially answered through the observation FR-0A-2025-0001. Indeed, for the projection submission, an error in the allocation of the SNAP emissions was realized, misallocating SNAP 060406 - wood preservation in NFR 2D3a instead of 2D3i, as it was done in the submissions prior to 2023. However, the totals are correct and the projections of emissions are also estimated properly. About the recalculations for the NFR 2D3a in the 2025 submission (-26 kt in 2021 and -5 kt in 2022), they originated from (see IIR2025, p. 500): - an update of the EF used for estimating emissions from hand gel use, - the identification and correction of a calculation error affecting NMVOC emissions from hand gel use, - the update of population data and statistics for the year 2022 for domestic solvent use. VOC emissions from hand gel use were previously overestimated in the 2024 submission, with values of 55.5 kt and 54.3 kt, respectively. In the 2025 submission, these figures were corrected to 29.4 kt in 2021 and 29.1 kt in 2022. However, this correction (reduction of emissions) is partially compensated by the increase related to the statistical data update. For the projections, the emissions for NFR 2D3a are directly proportional to population projections. Hence, this means that the difference in emissions for the reference year 2022 (i.e., -5 kt) would be reported for the projected emissions. This gap in emissions represents around 1% of national totals in 2025 and 2030, in the WM scenario, and would lead to an additional reduction of about 0.4% for these two years. In any case, this would not impact the analysis of the respect of the reduction targets.

9 Projections

Les prochaines projections des émissions de polluants atmosphériques pour la France, dans le cadre de la directive NEC, seront rapportées en mars 2026 pour la période 2025 à 2050.

Les données seront publiées sur le site du Citepa : IIR - cadre de la CEE-NU - Citepa



10 Rapportage des émissions spatialisées et GSP

La dernière édition de l’inventaire EMEP spatialisé a été réalisée en 2025 pour l’année 2023. La prochaine mise à jour sera réalisée dans 4 ans. Le rapport et les données sont accessibles sur le site du Citepa : EMEP (gridded emissions & LPS) - Citepa

11 Engagements, objectifs de réduction et cas des niveaux d’émission supérieurs aux plafonds

11.1 Point sur les différents objectifs

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 285 : 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
Helsinki	SO_x (SO_2)	08/07/1985	13/03/1986	02/09/1987	-30% entre 1980 et 1993 et objectif supplémentaire de -60% sur la même période
Sofia	NOx	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
Genève	COV	18/11/1991	12/06/1997	29/09/1997	-30% entre 1988 et 1999
Oslo	SO_x (SO_2)	14/06/1994	12/06/1997	05/08/1998	Plafonds : 868 kt (2000), 770 kt (2005) et 737 kt (2010)
Aarhus	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
Göteborg (Göteborg-1 sur graphique)	SO_x (SO_2), NOx, COVNM, NH_3	01/12/1999	10/04/2007	17/05/2005	Plafonds à partir de 2010 de 400 kt (SO_x), de 860 kt (NOx), de 1100 kt (COVNM) et de 780 kt (NH_3)
Göteborg amendement (Göteborg-2 sur graphique)	Les mêmes + $PM_{2,5}$	04/05/2012	06/12/2021	07/10/2019	Diminution à partir de 2020 par rapport à 2005 : -55% pour le SO_2, -50% pour les NOx, -4% pour le NH_3, -27% pour les $PM_{2,5}$ 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 286 : 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
Nouvelle directive (UE) 2024/2881 révisant la directive 2008/50/CE	**$PM_{2,5}$, PM10, O_3, NO_2, SO_2, CO, Benzène, Plomb, Arsenic, Cadmium, Nickel, BaP**	**24/04/2024**	**01/01/2030**	**Les valeurs limites annuelles des concentrations dans l'air ambiant de $PM_{2,5}$ et de NO_2 doivent être réduites de plus de moitié, passant de 25 µg/m^3 à 10 µg/m^3 pour les $PM_{2,5}$ et de 40 µg/m^3 à 20 µg/m^3 pour le NO_2.**
Directive 2001/81/CE NEC - Plafonds d'Emission Nationaux pour 2010 (NECD-1 sur graphique)	SO_x (SO_2), NOx, COVNM, NH_3	23/10/2001	27/11/2001	Plafonds à partir de 2010 (et jusqu'à 2019) pour les SOx (375 kt), les NOx (810 kt), les COVNM (1050 kt) et le NH_3 (780 kt)
Directive UE 2016/2284 abrogeant la directive NECD-1. Objectifs de réduction 2020 et 2030 (NECD-2 sur graphique)	Les mêmes + $PM_{2,5}$	14/12/2016	31/12/2016	Diminution à partir de 2020 et 2030 par rapport à 2005 pour les SOx (-55% et -77%), les NOx (-50% et -69%), les COVNM (-43% et -52%), le NH_3 (-4% et -13%) et les $PM_{2,5}$ (-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 NOx à partir de 2010 contre 860 Gg de NOx par exemple). Les objectifs de réduction en relatif à partir pour 2020 fixés par la directive 2016/2284 sont eux identiques à ceux du Protocole de Göteborg amendé en 2012 et incluent les $PM_{2,5}$. La directive 2016/2284 fixe également des objectifs à horizon 2030.

A noter : Le 11 novembre 2024, la Directive (UE) 2024/2881, concernant la qualité de l'air et un air pur pour l'Europe, est entrée en vigueur. Elle remplace les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE et impose des normes plus strictes pour 12 polluants réglementés, dont les particules fines ($PM_{2,5}$, PM_{10}), le NO_2 et le SO_2. Pour les deux polluants ayant la plus forte incidence sur la santé humaine, les $PM_{2,5}$ et le NO_2, les valeurs limites annuelles doivent être réduites de plus de moitié, passant respectivement de 25 µg/m^3 à 10 µg/m^3 et de 40 µg/m^3 à 20 µg/m^3. Ces normes sont à respecter au 1 er janvier 2030. Bien que plus strictes que les valeurs limites précédentes, ces valeurs restent deux fois plus élevées que les recommandations de l'OMS. Si les normes fixées par la nouvelle directive pour les trois métaux lourds (arsenic, cadmium et nickel), ainsi que pour les HAP (BaP), sont les mêmes que celles établies par la directive 2004/107/CE, la nouvelle directive renforce le type de norme qui s'applique à ces quatre polluants : anciennement des valeurs cibles, elles sont devenues des valeurs limites de concentration, c'est-à-dire le type de norme de qualité de l'air la plus contraignante. Par ailleurs, la Directive 2024/2881 prévoit davantage de points de prélèvement dans les villes et un réexamen des normes de qualité de l'air au plus tard le 31 décembre 2030, puis tous les cinq ans, et plus souvent si de nouvelles évolutions scientifiques, telles que les lignes directrices révisées de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en matière de qualité de l'air, le justifient.

La directive introduit également des exigences renforcées en matière de surveillance avec une obligation de surveillance des polluants émergents et notamment l'ajout des particules ultrafines (PUF) et du carbone suie, indicateur clé de la pollution liée à la combustion. Elle prévoit également la mise en place de « super sites » de surveillance implantés dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond et destinés à recueillir des données à long terme.

Chaque État membre dispose de deux ans pour la transposer dans son droit national, soit jusqu'au 10 décembre 2026.

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 (SO_2, NOx, NH_3, COVNM et $PM_{2,5}$) 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 (NH_3, COVNM, NO_x, SO_2 et $PM_{2.5}$) 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.

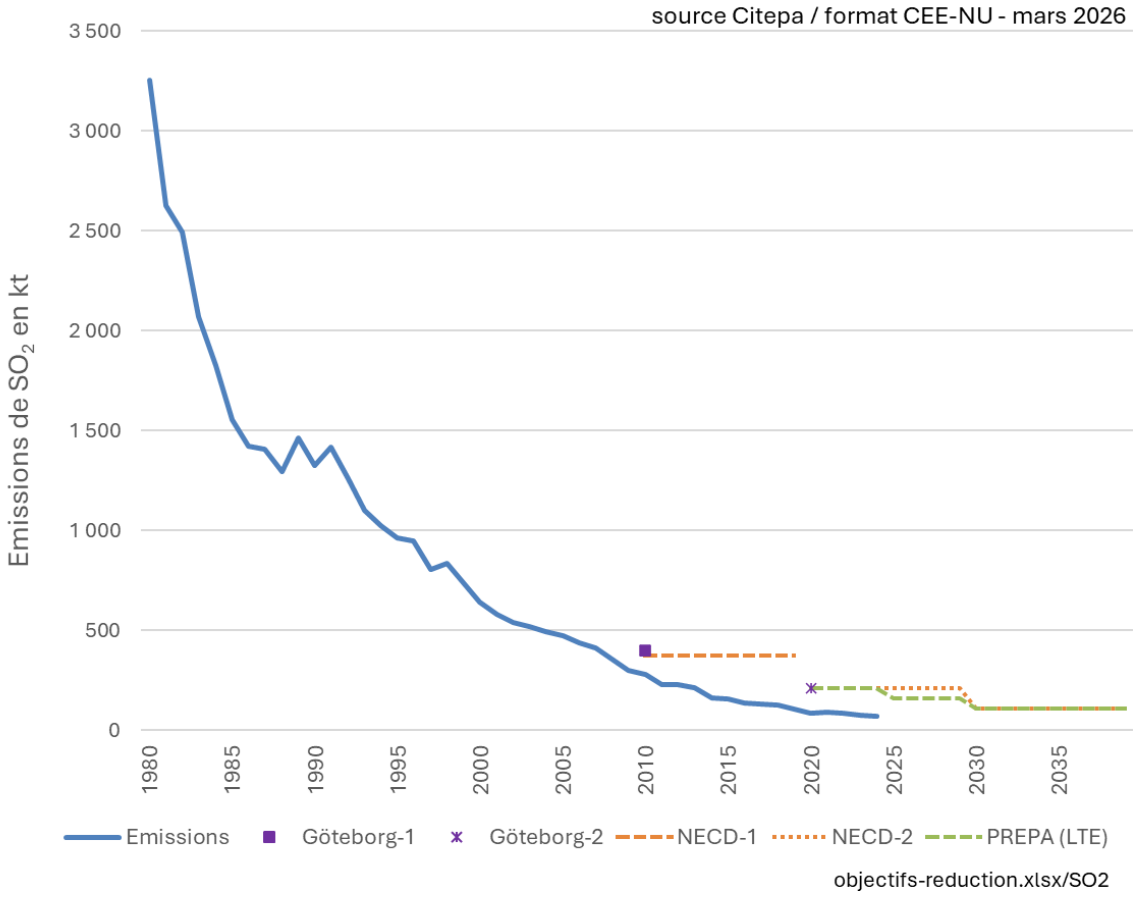


Figure 202 : Evolution des émissions de SO_2 et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

Les différents objectifs portant sur le 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 1 289 kt, largement respecté au vu du niveau d'émission (1 082 kt de 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 (-81% par rapport à 2005), idem pour les années 2021 et 2023. Pour la nouvelle année d'inventaire 2024, les émissions de SO_2 sont en baisse par rapport à 2023 (78 kt de SO_2 en 2023 et 71 kt en 2024), 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 2024, le secteur Energie (NFR 1) est responsable de 86% des émissions nationales de SO_2, avec en contributeur majeur le secteur 1A2 Industrie manufacturière et construction (54 % des émissions du secteur énergie) devant le secteur 1A1, Industrie de l'énergie (11 %) et le secteur 1A4 regroupant le résidentiel, tertiaire, commercial et les engins du secteur agricole/sylvicole (14 % 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.

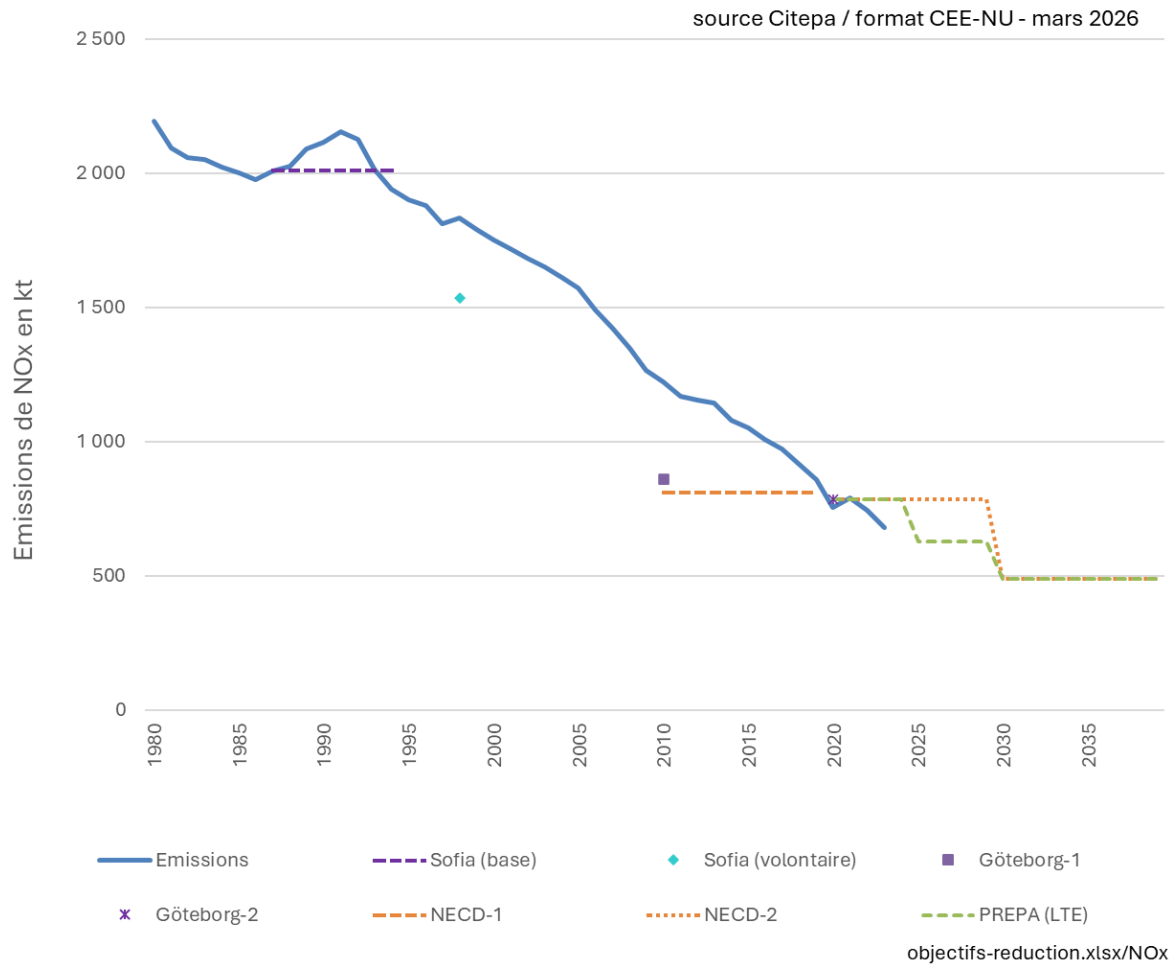


Figure 203 : Evolution des émissions de NOx et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

L'objectif volontaire du Protocole de Sofia (réduction de 30% des émissions de NO_x 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_x) n'a pas été respecté dès 2010. Ce plafond a été respecté avec 2 ans de retard et en prenant en compte des

ajustements (NOx 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_x) 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 NOx pour l'année 2020 (-55 %) et les années 2021, 2022 et 2023.

Concernant 2024, la France a émis 648 kt de NOx, soit -59 % 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 NOx ont augmenté en 2021 par rapport à 2020 (rebond post pandémie Covid-19) mais sont redescendues entre 2022 et 2024 en-dessous des niveaux de 2019 et de 2020, confirmant la tendance à la baisse des émissions depuis 1991.

En 2024, le secteur Energie (NFR 1) est responsable de 77 % des émissions nationales de NO_x, avec en contributeur majeur le secteur 1A3 Transports (58 % des émissions du secteur énergie) devant le secteur 1A4 regroupant le résidentiel, commercial, tertiaire et les engins du secteur agricole/sylvicole (18 % des émissions du secteur énergie) et le secteur 1A2 de la Combustion dans l'industrie manufacturière et la construction (16 % 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 25% entre 2024 et 2030 est encore nécessaire.

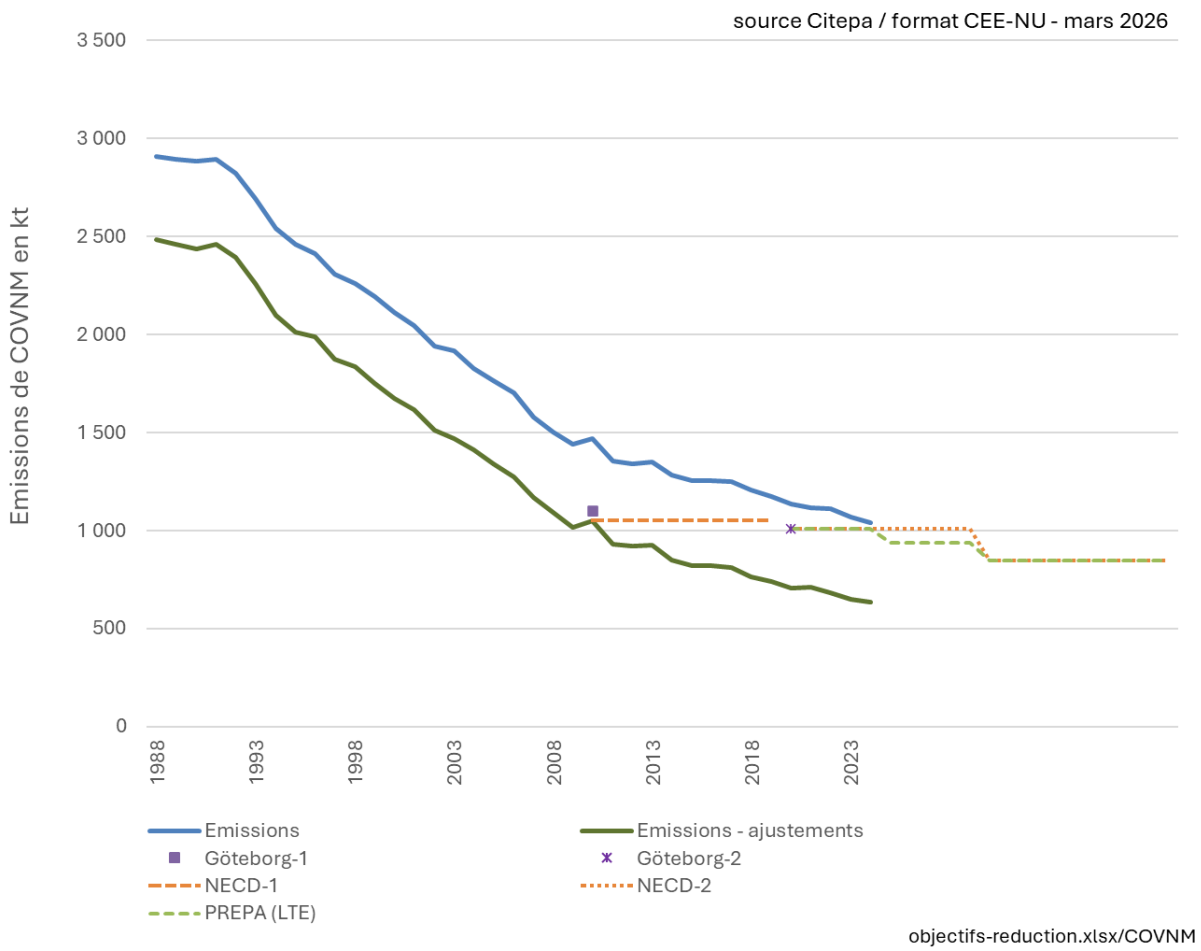


Figure 204 : Evolution des émissions de COVNM et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

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 COVMN) 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 (-48 %). 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 2024, la France a émis 1037 kt de COVNM, soit -41 % par rapport à 2005 avec les COVNM agricoles. Sans les COVNM biogéniques agricoles le total est de 635 kt (VS 1340 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 2024, le secteur de l'agriculture est responsable de 39 % des émissions de COVNM devant le secteur des procédés industriels (35 % des émissions de COVNM) et celui de l'énergie (25 % des émissions de COVNM). Parmi les procédés industriels, le sous-secteur majeur en 2024 est celui de l'utilisation de solvants et de produits chimiques (86 % des émissions des procédés industriels). En agriculture, la gestion des déjections et les sols agricoles contribuent de manière équivalente aux émissions en 2024. 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 2024 (73 % 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.

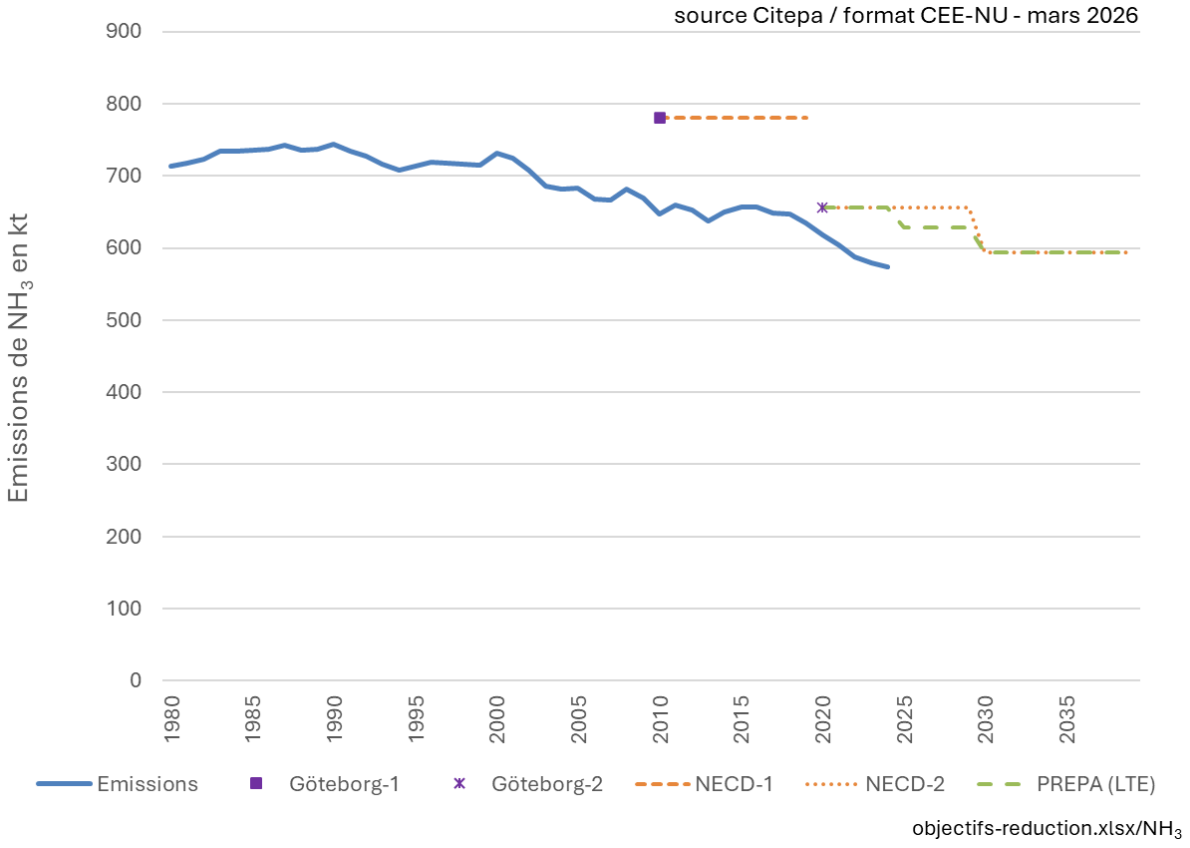


Figure 205 : Evolution des émissions de NH3 et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

Les plafonds Göteborg-1 et NECD-1 à respecter sur la période 2010-2019 sont identiques pour le NH_3 (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, 2022 ,2023 et 2024 avec des émissions 2024 de 574 kt, soit une réduction de 16 % par rapport à 2005.

L'objectif de réduction 2030 (-13 % par rapport à 2005) est atteint dès 2020 (-13 %), et en 2024 (-16 %).

Pour rappel, le principal secteur émetteur d'ammoniac est le secteur agricole, représentant 96 % des émissions en 2024. 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, l'Agro-alimentaire et de la Souveraineté alimentaire (MAASA) de l'adoption d'un plan d'actions visant à généraliser le recours à des matériels d'épandage moins émissifs à l'horizon 2025 (dit plan matériels d'épandage moins émissifs – PMEE).

Par ailleurs, la Loi Climat et Résilience prévoit la mise en place d'une trajectoire annuelle de réduction des émissions de NH_3. À ce jour, les mesures de mise en œuvre reposent principalement sur des dispositifs incitatifs (soutiens à l'investissement, conditionnalité des aides de la PAC), sans activation d'un mécanisme de redevance.

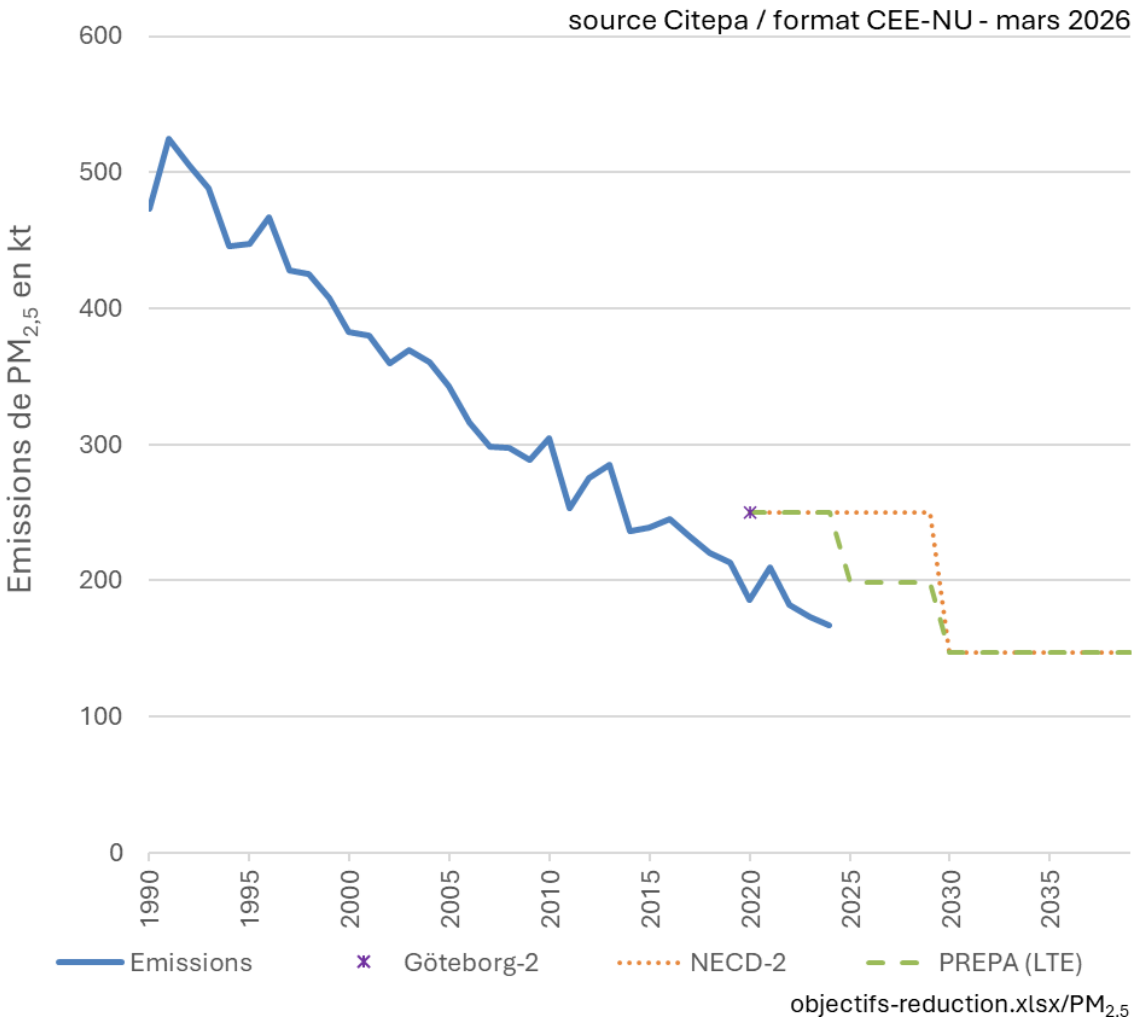


Figure 206 : Evolution des émissions de PM2,5 et comparaison aux objectifs Göteborg et NEC

En 2024, les émissions de $PM_{2,5}$ sont inférieures à celles observées entre 2021 et 2023, confirmant la tendance continue à la baisse depuis 2021.Le Protocole de Göteborg amendé introduit un engagement pour les $PM_{2,5}$ en plus de ceux pour le SO_2, NOx, 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, 2022 et 2023.

Concernant 2024, les émissions de $PM_{2,5}$ sont de 168 kt soit une réduction de 51 % par rapport à 2005 : l'objectif 2024 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 21 kt entre 2024 et 2030, représentant une baisse de 12,5 % entre ces deux années.

Pour rappel, en 2024, le secteur énergie est responsable de 77 % des émissions de $PM_{2,5}$, devant le secteur des procédés industriels responsable de 10 % des émissions nationales. Le contributeur majeur en 2024 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 (81 % des

émissions de $PM_{2,5}$). Le transport est le deuxième contributeur aux émissions de $PM_{2,5}$ du secteur de l'énergie (12 % des émissions de $PM_{2,5}$). Au niveau des procédés industriels, c'est le secteur de la construction et de la manutention dans les carrières qui est le premier contributeur (44 % des émissions du secteur en 2024), suivi par le secteur de l'industrie chimique (41 %).

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 $PM_{2,5}$ 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 287) 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 287 : Anciens objectifs d'émissions de la France

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /Tot_nat

			Référence		Objectif		Position par rapport aux objectifs		
Substance	Unité	Protocole	Année	Niveau d'émission	Année	Engagement relatif ou absolu (1)	Année	Niveau d'émission	Atteinte des objectifs
SO_2	Gg	Helsinki	1980	3 254	1993	1 302	1993	1 100	Oui
		Oslo			2000	868	2000	641	Oui
		Oslo			2005	770	2005	473	Oui
		Oslo			2010	737	2010	279	Oui
		Göteborg-1			2010	400	2010	279	Oui
		NECD-1			2010	375	2010	279	Oui
NOx	Gg	Sofia	1987	2 009	1994	2 009	1994	1 939	Oui
		Sofia	1980	2 194	1998	1 536	1998	1 834	Non
		Göteborg-1			2010	860	2010	1 221	Non (*)
		NECD-1			2010	810	2010	1 221	Non (*)
NH_3	Gg	Göteborg-1			2010	780	2010	647	Oui
		NECD-1			2010	780	2010	647	Oui
COVNM	Gg	Genève	1988	2 909	1999	2 036	1999	2 190	Non
		Göteborg-1			2010	1100	2010	1 466	Oui (**)
		NECD-1			2010	1050	2010	1 466	Oui (**)

(1) Les objectifs peuvent être relatifs (colorés dans le tableau)

(*) Objectif non atteint pour l'année prévue, mais atteint les années suivantes avec procédures d'ajustement transport et agriculture
(**) Objectif atteint avec procédure d'ajustement pour l'agriculture.

Tableau 288 : Objectifs en cours ou à venir d'émissions de la France et situation en 2024

Source Citepa / Format CEE-NU - Mars 2026 unece.xlsx /Tot_nat

			Référence		Objectif		Position par rapport aux objectifs		
Substance	Unité	Protocole	Année	Niveau d'émission	Année	Engagement relatif (1)	Année	Evolution émission	Atteinte des objectifs
SO_2	Gg	Göteborg-2 & NECD-2	2005	473	2020	-55%	2020	-82%	Oui
			2005	473			2021	-80%	Oui
			2005	473			2022	-82%	Oui
			2005	473			2023	-83%	Oui
			2005	473			2024	-85%	Oui
		NECD-2	2005	473	2030	-77%			
NOx	Gg	Göteborg-2 & NECD-2	2005	1 571	2020	-50%	2020	-52%	Oui
			2005	1 571			2021	-50%	Oui
			2005	1 571			2022	-53%	Oui
			2005	1 571			2023	-57%	Oui
			2005	1 571			2024	-59%	Oui
		NECD-2	2005	1 571	2030	-69%			
NH_3	Gg	Göteborg-2 & NECD-2	2005	683	2020	-4%	2020	-10%	Oui
			2005	683			2021	-11%	Oui
			2005	683			2022	-14%	Oui
			2005	683			2023	-15%	Oui
			2005	683			2024	-16%	Oui
		NECD-2	2005	683	2030	-13%			
COVNM (2)	Gg	Göteborg-2 & NECD-2	2005	1 340	2020	-43%	2020	-47%	Oui
			2005	1 340			2021	-47%	Oui
			2005	1 340			2022	-49%	Oui
			2005	1 340			2023	-52%	Oui
			2005	1 340			2024	-53%	Oui
		NECD-2	2005	1 340	2030	-52%			
$PM_{2,5}$	Gg	Göteborg-2	2005	343	2020	-27%	2020	-91%	Oui
			2005	343			2021	-91%	Oui
			2005	343			2022	-92%	Oui
			2005	343			2023	-92%	Oui
			2005	343			2024	-92%	Oui
		NECD-2	2005	343	2030	-57%			
Cd	Mg	protocole d'Aarhus	1990	21		0%	2024	-71%	Oui
Hg	Mg		1990	26		0%	2024	1115%	Oui
Pb	Mg		1990	4 302		0%	2024	-100%	Oui
PCDD/F	g ITEQ		1990	1 802		0%	2024	-77%	Oui
Total HAP	Mg		1990	48		0%	2024	140%	Oui
BaP	Mg		1990	14		0%	2024	-29%	Oui
BbF	Mg		1990	16		0%	2024	-31%	Oui
BkF	Mg		1990	9.6		0%	2024	-30%	Oui
IndPy	Mg		1990	8.5		0%	2024	-26%	Oui
HCB	kg		1990	1 639		0%	2024	-98%	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

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 -36 % en 2020, - 38 % en 2021,-37 % en 2022 et – 41 % en 2024, ce qui n'est pas suffisant par rapport à l'objectif.

Toutefois, dans ce cas, il est prévu une 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, 2022, 2023 et 2024 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, 2022, 2023 et 2024, présentés dans le tableau ci-dessous, permettent de vérifier l'objectif de réduction Göteborg-2 à partir de 2020.

Tableau 289 : Inventaire COVNM avec prise en compte des ajustements pour l'agriculture

COVNM (Gg)	2005	2020	2022	2023	2024	% de réduction 2020 VS 2005	% de réduction 2022 VS 2005	% de réduction 2023 VS 2005	% de réduction 2024 VS 2005
Ajustement agriculture	426	429	430	419	403				
Total COVNM ajustés	1340	706	680	649	635	-47%	-49%	-52%	-53%
Objectif Göteborg-2/NECD-2 (-43%) atteint ?		Oui	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	*Black Carbon*
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 Peintures, des Encres d'imprimerie et des couleurs d'art
CERTU	Centre d'Etudes sur les Réseaux de Transport et l'Urbanisme
CH_4	Méthane
CMS	Combustibles minéraux solides
CSNM	Chambre Syndicale Nationale du Motocycle
CO	Monoxyde de carbone
CO_2	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 adhésifs	Fédération des Industries des Peintures, Encres, Couleurs, colles et
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	Mercure
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_2O	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_3	Ammoniac
Ni	Nickel
NOx	Oxydes d'azotes : Monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO_2)
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 en français)
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 Parraffins 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_2	Dioxyde de soufre
SO_3	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

Références bibliographiques

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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 Persistant 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 motocycle en France
[58]	INRETS – BOURDEAU B. - Evolution du parc automobile français entre 1970 et 2020 - 1998

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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)
[103]	AEAT – source apportionment of airbone 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 dépoussiérage 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

N°	Référence
[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]	FICG / 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

N°	Référence
[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 le engins mobiles non routiers en ce qui concerne les émissions de gaz et de particules polluants (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 polluants provenant des moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers
[142]	UBA–Entwicklung eines Modelis zur Berechnung der Luftschadstoffenemissionen und des Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren in mobilien Geräten un 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

N°	Référence
[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]	LECES 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

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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 minérale – 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

N°	Référence
[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, Iiacqua, 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

N°	Référence
[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, 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

N°	Référence
[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]	RENECOFOR (REseau National de suivi à des ECOsystèmes 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
[298]	Ministère de l'Agriculture (MAP), Dossier de presse « Prévention des incendies de forêt », 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

N°	Référence
[303]	Témoignages, mercredi 11 juillet 2007, p 10,
[304]	Tout sur la France, n°4, octobre 2007
[307]	Ministère de l'Ecologie du développement et de l'Aménagement Durables (site Internet 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

N°	Référence
[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 adjuvantés, 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

N°	Référence
[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]	KEPLEIS 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.

N°	Référence
[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 Relase 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

N°	Référence
[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, 2009
[390]	JOST C. – 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

N°	Référence
[405]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2009, Technical report No 9/2009 – chapter 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

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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 prouction. 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 αS1-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

N°	Référence
[478]	Fichier réalisé par l'Institut de l'Elevage 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, Gyarfas 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 Culturales 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

N°	Référence
[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
[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.

N°	Référence
[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]	EReIE – 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 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

N°	Référence
[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-première-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

N°	Référence
[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 boitier, 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

N°	Référence
[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), 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

N°	Référence
[585]	EMEP / CORINAIR Guidebook 1996 – section B339-5
[586]	Guidebook EMEP/EEA 2013 Part B – Section 2C7a Copper production - Table 3.2

N°	Référence
[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 (CO2, CH4) 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

N°	Référence
[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)
[611]	IEDOM/IEOM (www.iedom.fr / 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

N°	Référence
[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 2023 – 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 – edition 2019 – 1A1 Energy industries - Appendix C sulphur content in fuels – contenu en soufre du gaz de haut fourneau (blast furnace)

N°	Référence
[638]	IPCC - Guidelines 2006 - Volume 2 - section I.8 - table 1- 4 (CO2) ; Volume 2 - tables 2.2, 2.3, 2.4 et 2.5 (CH4 et N2O)
[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]	MeteoFrance, www.meteofrance.com

N°	Référence
[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 pollutants 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/archives/donnees%206eme%20edition%201994/produits%20organiques/gaznaturel.htm

N°	Référence
[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-projete.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

N°	Référence
[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 intérieure — 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.

N°	Référence
[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://eusoils.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_de_la_securite__2015/2015_DISPOSITIF_FEUX_DE_FORET_dossier_de_presse.pdf"
[725]	"Feux de végétation - d'après l'etat 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/4924/41778/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

N°	Référence
[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 - Programmme de recherche de l'ADEME sur les émissions atmoshériques 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

N°	Référence
[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/Default.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 2023, 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

N°	Référence
[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 2023, 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 2023, section 1.A.1 Energy industries, table 3-5 Tier 1 emission factors for source category 1.A.1.a using heavy fuel oil
[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

N°	Référence
[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 du 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/ovsg/soufriere-de-guadeloupe http://www.ipgp.fr/fr/ovpf/activite-recente-piton-de-fournaise http://www.ipgp.fr/sites/default/files/liste_activite_fournaise_1998_2016_0.pdf 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

N°	Référence
[793]	Rigolot C., Espagnol S., Pomar C., Dourmad J.Y., 2010a. Modelling of manure production by pigs and NH3, N2O and CH4 emissions. Part I: animal excretion and enteric CH4, 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 layins 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

N°	Référence
[809]	Options for Ammonia Mitigation - Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen
[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&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 2023 - table 3.44

N°	Référence
[919]	EMEP EEA Guidebook version 2023 - 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

N°	Référence
[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 2023 - 1.A.1 Energy industries, tables 3-2 / 3-4 / 3-6 / 3-7 / 3-8 / 3-13 / 3-21, 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 2023 - 1.A.1 Energy industries, tables 3-2 / 3-3 / 3-4 / 3-5 / 3-6 / 3-7/3-9, FE TSP, CO, NH3 et COVNM
[940]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 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

N°	Référence
[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
[948]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 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

N°	Référence
[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 énergo-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.

N°	Référence
[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 2023, 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
[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 - Polynesie francaise. 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.

N°	Référence
[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'Equitation (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'Equitation (IFCE), 2012 et 2016. Annuaires ECUS.
[986]	EUGENE M., SAUVANT D., NOZIERE P., VIALLARD 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 filiere porcine francaise et le developpement 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.

N°	Référence
[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'abattement 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 2023 - 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 Approvisionnements, CNA Climat Air Energie, Octobre 2018

N°	Référence
[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 2023
[1011]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 2.B Chemical industry 2023 - Table 3.39 and Table 3.40
[1012]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 2.B Chemical industry 2023 - Table 3.45, Table 3.46 and Table 3.47
[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

N°	Référence
[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). Rénovation 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)

N°	Référence
[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

N°	Référence
[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 2019 - 2.B Chemical Industry 2023 2019 - 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 2023, section 2A1 Cement production – table 3.1
[1065]	EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook - table 3-24 - cement production - 1A2, Edition 2023
[1066]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, section 2A3 Glass Production, tables 3.2 à 3.7

N°	Référence
[1067]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, section 2A2 Lime Production, table 3.1
[1068]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - Chapter 2A2 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1
[1069]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - Chapter 2A3 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1
[1070]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 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 2023 - 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 2023, Part B section 2C5 Lead production
[1079]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, 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 2023, Part B section 1A2 Manufacturing industries
[1082]	Commissariat général au développement durable - Production et traitement des déchets en France

N°	Référence
[1083]	INERIS - Emissions de Bibenzodioxines et dibenzofuranes lors de la combustion de cables éléctriques - 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 2023, 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 2023 - 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 2023 - 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

N°	Référence
[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 ruisselement 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

N°	Référence
[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 2023 - 1a4 Non-road mobile sources and machinery - Table 3-1, EF Tier 1
[1129]	Uniclima - 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 2023- 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
[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)
[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

N°	Référence
[1144]	Airport Air Quality Manual. First Edition — 2011. International Civil Aviation Organization (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
[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

N°	Référence
[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-lenergie/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.

N°	Référence
[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 2019 – 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 3-7
[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

N°	Référence
[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
[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 enquete 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]	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2012. Les tourbières en France métropolitaine. CGDD.
[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 2023 - 2H2 Food and Beverages industry, table 3-7 FE COVNM de la fermentation
[1207]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, Part B section 2D3b Road paving with asphalt
[1208]	GIEC – Lignes directrices 2006, Volume 3, Chapitre 4, section 4.4.2.1

N°	Référence
[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 2023 - 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
[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
[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

N°	Référence
[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., 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 », 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 2023, 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

N°	Référence
[1247]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 2.B Chemical industry, table 3.30
[1248]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 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'excrétions azotées 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'agricultures, 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

N°	Référence
[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 2023, section 1A1 Energy industries - Table 3-19 - 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 2023 - 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 2023 – 1A4 Small combustion - FE BC pour le 1A4b residential (Tables 3.3 et 3.4)
[1273]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 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]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 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
[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

N°	Référence
[1277]	Mouillot et al, 2006 - Global Carbon Emissions from biomass burning in 20th century. Geophysical Research Letters 33(1).
[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)
[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

N°	Référence
[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]	Communication 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
[1301]	EMEP/EEA 2023 – Section 2.H.2 Food and beverages industry
[1302]	AGRESTE, Enquête annuelle de production commercialisée (EAPC) 2022
[1303]	EMEP/EEA Lignes directrices 2023, chapitres 1A1, 1A2 et 1A4, tableaux associés au gaz naturel
[1304]	Contrôle de la qualité des carburants en stations-service et de certains combustibles liquides en dépôts en France selon la Directive Européenne 98/70/CE - FQMS - mesures annuelles
[1305]	ALBINET Alexandre, DEGRENDELE Céline, COLLET Serge, WORTHAM Henri, 2024. Emissions primaires et secondaires de particules par des appareils de chauffage domestique à granulés - EPOCHAG / Comparaison avec des appareils à bûches et au fioul. Rapport. 75 pages.
[1306]	Eulry 1983. Recherches de gisements de tourbes en Languedoc-Roussillon. Sitologie et données économiques, Etude de quatre tourbières du Plateau d'Aubrac. BRGM
[1307]	Manneville Olivier, 1999. Les tourbières de France : causes de régression, intérêts de leur conservation, mise au point nomenclaturale. Le Journal Botanique. 12pp 73-82.
[1308]	Le lien horticole n°848-849, juin 2013.
[1309]	Echo des tourbières n°14, juillet 2007, p.1
[1310]	Julve, Philippe (1994). Les tourbières de France : répartition, caractères biogéographiques, fonctionnement écologique et dynamique, valeur patrimoniale. Bulletin de l'Association de Géographes Français, 1994. 71-3 pp. 287-293
[1311]	Concervatoires d'Espaces Naturels. Pôle Tourbière. 2006. A la découverte des tourbières. "Les menaces".
[1312]	Joosten H. 2009. Global Status of Peatland CO2 picture. Peatland status and emissions in all countries of the world. Greifswald University, Wetlands International, Ede.
[1313]	Barthélémy F., 1999. Mêmento roches et minêraux industriels la tourbe et les tourbières. Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 99-G-185.

N°	Référence
[1314]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023 - Part B section 2C7b Nickel production - Table 3.1
[1315]	Inra, 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, Versailles, France, 728 p.
[1316]	Cniel, 2018. Le pâturage des vaches laitières françaises
[1317]	Groupe ERAMET - Résultats annuels (annuellement depuis 2017)
[1318]	Inventaire de la Nouvelle-Calédonie - 2C_Métallurgie
[1319]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - Part B section 1A2 Manufacturing industries
[1320]	Syndicat National des Industries de la Préservation du Bois (SPB), 2024, Communication avec M. Thomas Cousin et M. Eric Heisel
[1321]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.2 Manufacturing industries and construction (combustion), table 3-7 Iron and steel gases
[1322]	Marsac, S., Heredia, M., Labalette, F., Delaye, N., Levasseur, P., Capdeville, J., Gervais, F., Ponchant, P., 2018. ELBA: A National reference tool for for agricultural biomasse resource assessment in France. https://elba.arvalis-ext.com/
[1323]	FranceAgriMer, 2020. L'Observatoire National des Ressources en Biomasse - Évaluation des ressources agricoles et agroalimentaires disponibles en France – édition décembre 2020.
[1324]	IDELE, ITAVI, ITCF, ITP, 2001. Fertiliser avec les engrais de ferme.
[1325]	Comité Régional Bâtiment Bretagne, Institut de l'Élevage, Groupe Traite Pays de la Loire, 2007. Choisir une installation de traite.
[1326]	IDELE, 2019. Calcul des capacités de stockage des effluents d'élevage ruminant, équin, porcin, avicole et cunicole, Méthodes et outils.
[1327]	IFIP, 2014. La consommation d'eau en élevage de porcs - Des leviers pour réduire la consommation d'eau en élevage de porc.
[1328]	INSEE, 2016, Mode de traitement des déchets en 2016 Enquête sur la production de déchets non dangereux dans l'industrie - Insee Résultats
[1329]	Ademe, 2024, SEA Métha Suivi d'exploitation annuel méthanisation. Extraction d'une partie de la base de données communiquée au Citepa dans le cadre des inventaires.
[1330]	HUANG Y., NOZIERE P., SOUVIGNET P., DELABY L. Estimation simplifiée des interactions digestives au sein des rations des vaches laitières à partir du système d'alimentation Inra 2018. Rencontre Recherche Ruminants, 2024.
[1331]	EMEP 2023, Chapitre 3.D - Crop production and agricultural soils
[1332]	EMEP 2023, Chapitre 3.D.f- Agriculture Other including use of pesticides
[1333]	EMEP 2023, Chapitre 3.F - Field burning of agricultural residues
[1334]	EMEP 2023, Chapitre 5.C.2- Open burning of waste

N°	Référence
[1335]	Biomasse Normandie, 2024, Etat des lieux de la méthanisation Normandie 2023 - Mars 2024
[1336]	Ademe, Observation régionale de la méthanisation en région Grand Est
[1337]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.1 Energy industries, FE CO Tier 1 tables 3-5 (gaz sidérurgiques) et 3-8 (biomasse solide)
[1338]	EMEP 2023, Chapitre 3.B - Manure Management
[1339]	LLOYD'S – Base de données Fairplay, flotte et caractéristiques techniques des navires, 2019
[1340]	Directive 2005/33/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 juillet 2005 modifiant la directive 1999/32/CE en ce qui concerne la teneur en soufre des combustibles marins
[1341]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1-a-4-small-combustion - Tables 3.10 - Tier 1 emission factors for NFR source category 1.A.4.b, using biomass
[1342]	UGPVB, 2023, Bilan des stations de traitement 2019
[1343]	EMEP 2023, Chapitre 5.B.2. Biological treatment of waste - anaerobic digestion at biogas facilities
[1344]	Citepa, Fncuma, Fnedt, 2022, Travaux d'amélioration des inventaires nationaux de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques par une meilleure prise en compte des agroéquipements. Rapport d'étude.
[1345]	SDeS, Memento statistique des transports ferroviaires 2019, https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/memento-de-statistiques-des-transports-2019
[1346]	SDeS – Bilan annuel des transports - Edition annuelle
[1347]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 – 1.A.4 Small combustion, Table 3-28 p59 et Table 3-30 p61
[1347]	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.B.1.a Fugitive emissions from solid fuels: Coal mining and handling, table 3-2, 3-3 et 3-7
[1348]	EMEP/EEA – Emission Inventory Guidebook 2023 – 1.B.2.c Venting and flaring, Flaring in oil and gas extraction (p 7 - table 3-1)
[1349]	EMEP/EEA Emissions Inventory Guidebook 2023 - 1.B.2.c Venting and flaring, Flaring in oil refineries (p11 - Table 3-4)
[1350]	Indicateurs de gestion durable des forêts française - IGN - Indicateur 4.5
[1351]	Quantité de déchets stockés en ISDND - TGAP. Direction générale de la Prévention des risques / Direction générale des Finances publiques