



# Rapport **OMINEA** | Industrie manufacturière Ed. 2026

Organisation et méthodes des  
inventaires nationaux des émissions  
atmosphériques en France

# Rapport **OMINEA** | Industrie manufacturière Ed. 2026

## Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France

Avril 2026

Rédaction	
Contributeurs	Eponine BRIER, Juliette CAMUS, Maxime CELESTE, Hugo GITTON, Yasmine HATIM, Rania KAMAR, Vincent MONTI, Adélaïde TRESARRIEU, Sarah URBANO, Corentin VANCAYSEELE.

Coordination, Vérification et Approbation finale		
Coordination et Vérification	Grégoire BONGRAND, Expert Inventaires Energie & Procédés Industriels Corentin VANCAYSEELE, Expert Inventaires Procédés Industriels & Usages de Produits	11/02/2026
Approbation finale	Etienne MATHIAS, Responsable Division Inventaires	29/04/2026

Pour citer ce document :

Citepa, 2026. Rapport OMINEA | Industrie manufacturière – 23<sup>ème</sup> édition

© Citepa 2026

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 (MTEBNICN).

Cette édition annule et remplace toutes les éditions antérieures relatives au même format d'inventaire.

Rapport n°2731omi/ 2026 | 1. Industrie manufacturière.docx

Ce rapport national d'inventaire est disponible sur le site Internet du Citepa, à la page suivante :

<https://www.citepa.org/methodologie-de-linventaire-omine/>

@ Citepa

42, rue de Paradis – 75010 PARIS – Tel. 01 44 83 68 83 – Fax 01 40 22 04 83

[www.citepa.org](http://www.citepa.org) | [contact@citepa.org](mailto:contact@citepa.org)



# Sommaire

Table des illustrations.....	3
Table des tableaux.....	4
Préambule .....	6
Industrie manufacturière   Introduction .....	7
Industrie manufacturière (combustion) .....	8
Industrie manufacturière (combustion) - Sources mobiles .....	19
Fonderies de fonte grise.....	26
Sidérurgie : production de fonte et d'acier .....	29
Production de cuivre.....	41
Production de magnésium .....	46
Plomb et zinc de première fusion .....	50
Production d'aluminium de seconde fusion.....	55
Plomb et zinc de seconde fusion .....	61
Autres fours .....	68
Production de produits de fourrage vert déshydraté (combustion).....	75
Production de ciment (combustion) .....	83
Production d'émail (combustion) .....	91
Production de céramiques fines.....	96
Production de verre (combustion) .....	103
Production de chaux (combustion).....	116
Production de plâtre (combustion) .....	124
Production de tuiles et briques.....	129
Production d'enrobés routiers .....	138
Crédit des illustrations .....	143

## Table des illustrations

Figure 1 : Périmètres des sources relatives aux bilans énergétiques .....	11
Figure 2 : Périmètres relatifs aux combustibles dans les bilans énergétiques.....	12
Figure 3 : Logigramme du processus d'estimation des consommations d'énergie de l'industrie manufacturière en France .....	14
Figure 4 : Logigramme du processus d'estimation des émissions, pour l'industrie manufacturière et la construction .....	25

Figure 5 : Logigramme du processus d'estimation des émissions des fonderies de fonte grise .....	29
Figure 6 : Représentation schématique des processus de production d'acier, selon les filières haut-fourneau et four électrique.....	30
Figure 7 : Schéma des divers flux de produits au sein d'un site sidérurgique intégré, et répartition des flux selon les CRT .	33
Figure 8 : Logigrammes du processus d'estimation des émissions pour les divers ateliers sidérurgiques. ....	40
Figure 9 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de cuivre .....	45
Figure 10 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de magnésium.....	49
Figure 11 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production d'aluminium de seconde fusion .....	59
Figure 12 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de plomb de seconde fusion .....	64
Figure 13 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de plomb de seconde fusion .....	65
Figure 14 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de plomb et de zinc de seconde fusion .....	67
Figure 15 : Logigramme du processus d'estimation des émissions pour les autres fours (1A2c).....	74
Figure 16 : Processus de déshydratation de la luzerne.....	77
Figure 17 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de ciment (combustion) - cas des polluants hors GES .....	89
Figure 18 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de ciment (combustion) - cas du N <sub>2</sub> O et du CH <sub>4</sub> .....	89
Figure 19 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de ciment (combustion) - cas du CO <sub>2</sub> .....	90
Figure 20 : Logigramme du processus d'estimation des émissions relatif à la production de céramiques fines .....	102
Figure 21 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.....	114
Figure 22 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de chaux (combustion) .....	122
Figure 23 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de GES .....	128
Figure 24 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de polluants .....	128
Figure 25 : Logigramme du processus d'estimation des émissions.....	136
Figure 26 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de production d'enrobés routiers.....	142

## Table des tableaux

Tableau 1 : Correspondance entre les référentiels CCNUCC, CEE-NU et SNIEBA .....	12
Tableau 2 : Facteurs d'émission du CH <sub>4</sub> par gamme et par norme d'engin .....	21
Tableau 3 : Facteurs d'émission pour les NO <sub>x</sub> par gamme et par norme d'engin, pour l'industrie manufacturière et la construction.....	22
Tableau 4 : Facteurs d'émission pour les COVNM par gamme et par norme d'engin, pour l'industrie manufacturière et la construction.....	22
Tableau 5 : Facteurs d'émission pour les CO par gamme et par norme d'engin, pour l'industrie manufacturière et la construction.....	22
Tableau 6 : Facteurs d'émission pour les TSP par gamme et par norme d'engin, pour l'industrie manufacturière et la construction.....	23
Tableau 7 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production de produits de fourrage vert déshydraté (combustion) .....	81
Tableau 8 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production de ciment (combustion) .....	87
Tableau 9 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production d'email (combustion) ..	94
Tableau 10 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de SO <sub>2</sub> relatives à la production de verre. ....	106

Tableau 11 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de COVNM relatives à la production de verre. ....	107
Tableau 12 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de CO relatives à la production de verre. ....	108
Tableau 13 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de TSP relatives à la production de verre. ....	109
Tableau 14 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de BC relatives à la production de verre. ....	109
Tableau 15 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions d'arsenic relatives à la production de verre. ....	110
Tableau 16 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de cadmium relatives à la production de verre. ....	110
Tableau 17 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de chrome relatives à la production de verre. ....	111
Tableau 18 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de cuivre relatives à la production de verre. ....	111
Tableau 19 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de mercure relatives à la production de verre. ....	111
Tableau 20 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de nickel relatives à la production de verre. ....	112
Tableau 21 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de plomb relatives à la production de verre. ....	112
Tableau 22 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de sélénium relatives à la production de verre. ....	113
Tableau 23 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de zinc relatives à la production de verre. ....	113
Tableau 24 : Granulométrie des poussières totales en suspension. ....	127
Tableau 25 : Granulométrie des poussières totales en suspension ....	140

# Préambule

Le rapport OMINEA comprend une description détaillée, par secteur émetteur, des méthodologies utilisées pour estimer les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques (approche utilisée, données sources, hypothèses, facteurs d'émission, etc.).

Le présent document s'attache à décrire les méthodologies utilisées pour estimer les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques du secteur **Industrie manufacturière**.

En parallèle, les méthodologies détaillées des autres secteurs sont disponibles sur le site internet du Citepa. Les volumes sont structurés commme suit :

1. Parties générales
  - OMINEA. Parties générales
  - OMINEA. Références & Annexes
2. Energie
  - OMINEA. Énergie. Éléments généraux
  - OMINEA. Industrie de l'énergie
  - OMINEA. Industrie manufacturière
  - OMINEA. Transports
  - OMINEA. Autres secteurs
  - OMINEA. Non spécifiés
  - OMINEA. Émissions fugitives des combustibles
3. Procédés industriels & usages de produits (IPPU)
  - OMINEA. Produits minéraux
  - OMINEA. Chimie
  - OMINEA. Métallurgie
  - OMINEA. Produits non énergétiques des carburants et de l'utilisation de solvants
  - OMINEA. Industrie électronique
  - OMINEA. Consommation d'halocarbures et SF6
  - OMINEA. Autres usages et fabrication de produits
  - OMINEA. Autres procédés
4. Agriculture
  - OMINEA. Agriculture
5. Déchets
  - OMINEA. Déchets
6. UTCTAF
  - OMINEA. UTCATF
7. Autres
  - OMINEA. Autres

Toutes les références et annexes citées dans le présent document font références au document OMINEA. Références & Annexes évoqué ci-dessus. **Il est conseillé de télécharger ce document en parallèle dans le cadre d'une consultation du présent guide méthodologique.**





# Industrie manufacturière | Introduction

Le secteur nommé « industrie manufacturière et construction » intègre, d'une part, les sources de combustion fixes (les chaudières et les fours de procédé de l'industrie manufacturière) et mobiles (engins mobiles non routiers) et, d'autre part, les sources de décarbonatation et, enfin, les usages non énergétiques.

Le secteur Industrie manufacturière et construction 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.).

Rédaction : **Grégoire BONGRAND**, **Eponine BRIER**, **Juliette CAMUS**, **Maxime CELESTE**, **Hugo GITTON**, **Yasmine HATIM**, **Rania KAMAR**, **Vincent MONTI**, **Adélaïde TRESARRIEU**, **Sarah URBANO**, **Corentin VANCAYSEELE**



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
28/01/2026	JC	02/02/2026	GB

# Industrie manufacturière (combustion)

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 à 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. Auquel cas, pour éviter une répétition inutile, les éléments correspondants sont fournis dans la présente section.

Cependant, les phénomènes éventuellement concomitants responsables d'émissions des mêmes substances ou d'autres substances sont traités dans d'autres sections (par exemple le CO<sub>2</sub> issu de la décarbonatation, cf. sections relatives aux codes CRT 2A1 à 2A4) en fonction de la classification internationale des sources CRT.

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.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1.A.2.a à 1.A.2.g
CEE-NU / NFR	1.A.2.a à 1.A.2.g.viii
SNAPc (extension Citepa)	030101 à 030106, 030203 à 030205, 030301 à 030326, 080801 à 080802
CE / directive IED	1.1 (champ limité aux installations > 50 MW) quel que soit le secteur d'activité
CE / E-PRTR	1c (champ limité aux installations > 50 MW) quel que soit le secteur d'activité
CE / directive GIC	030101, 030102 (+ 030104 sous GIC à partir de l'inventaire relatif à 2004)

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Top-down en général mais recoupements partiels par Bottom-up pour les installations de puissance ≥ 50 MW et les installations soumises au SEQE (puissance ≥ 20 MW, fours, etc.)	Le plus souvent valeurs nationales notamment CO <sub>2</sub> , mais spécifiques pour certaines installations concernant SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , particules principalement

## Niveau de méthode :

2 ou 3 selon les substances (c'est-à-dire la spécificité des facteurs d'émission de chaque installation et leur poids dans l'ensemble du secteur).

## Références utilisées :

- [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
- [14] CPDP – Pétrole (publication annuelle)
- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [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 – Données internes
- [28] ATILH – Statistiques énergétiques annuelles de la profession cimentière
- [39] Citepa – Inventaire des grandes installations de combustion en application des directives 88/609 et 2001/80/CE
- [64] USIRF – Données internes à la profession relatives à la production d'enrobé routier
- [67] Citepa – ALLEMAND N. - Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France. Mars 2003
- [638] IPCC - Guidelines 2006 - Volume 2 - section I.8 - table 1- 4 (CO<sub>2</sub>) ; Volume 2 - tables 2.2, 2.3, 2.4 et 2.5 (CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O)[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
- [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, NH<sub>3</sub> 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 NO<sub>x</sub>, TSP, CO et COVNM et tables 3-3 / 3-6 / 3-10 pour FE NH<sub>3</sub>
- [968] US EPA - AP 42 – 5th edition, Volume 1 - Chapter 1.6: Wood Residue Combustion In Boilers - table 1.6-3
- [1004] Note de l'ADEME - Proposition d'évolution des facteurs d'émission 1 à 20MW. 18/03/2019
- [1212] Cortea Acibioqa - Amélioration des connaissances en matière d'impact des chaufferies biomasse sur la qualité de l'air, ADEME
- [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
- [1303] EMEP/EEA Lignes directrices 2023, chapitres 1A1, 1A2 et 1A4, tableaux associés au gaz naturel
- [1365] Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - Chapitre 2 - Combustion stationnaire - Tables 2.6 ; 2.7 et 2.10 - FE CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O

# Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

Du point de vue de la structure énergétique, une distinction est faite selon les types de combustible utilisés. Globalement, la tendance est à une augmentation des consommations de gaz naturel et de biomasse au détriment des combustibles liquides et solides.

Pour tous les secteurs de l'industrie manufacturière consommant du gaz de réseau, peu importe l'équipement (chaudière, four, turbine) et peu importe l'usage (énergétique ou non-énergétique), les consommations 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 (non nul à partir de 2012 – cf. section générale énergie).

Les principaux combustibles solides consommés sont les gaz sidérurgiques, le charbon, le lignite, et le coke.

Les principaux combustibles liquides consommés sont le fioul lourd, le GPL, le fioul domestique et diesel, le coke de pétrole et les autres produits pétroliers. Depuis 2011, la réglementation sur les engins mobiles non routiers impose de consommer du gazole non routier (diesel) à la place du fioul domestique.

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

L'activité des secteurs de cette catégorie CRT 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.

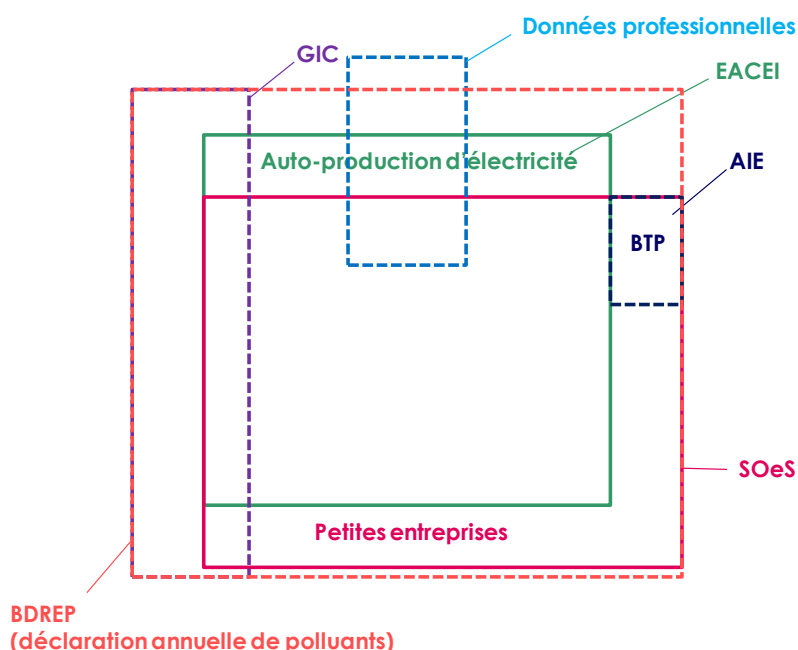
Ces critères rendent complexes la détermination des consommations d'énergie car il n'existe pas de statistiques appropriées prêtes à cet emploi environnemental. Les consommations énergétiques sont donc reconstituées pour les divers sous-ensembles considérés à partir des statistiques et données disponibles. 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 auto producteurs, 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 (sites 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 du GIEC et 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.

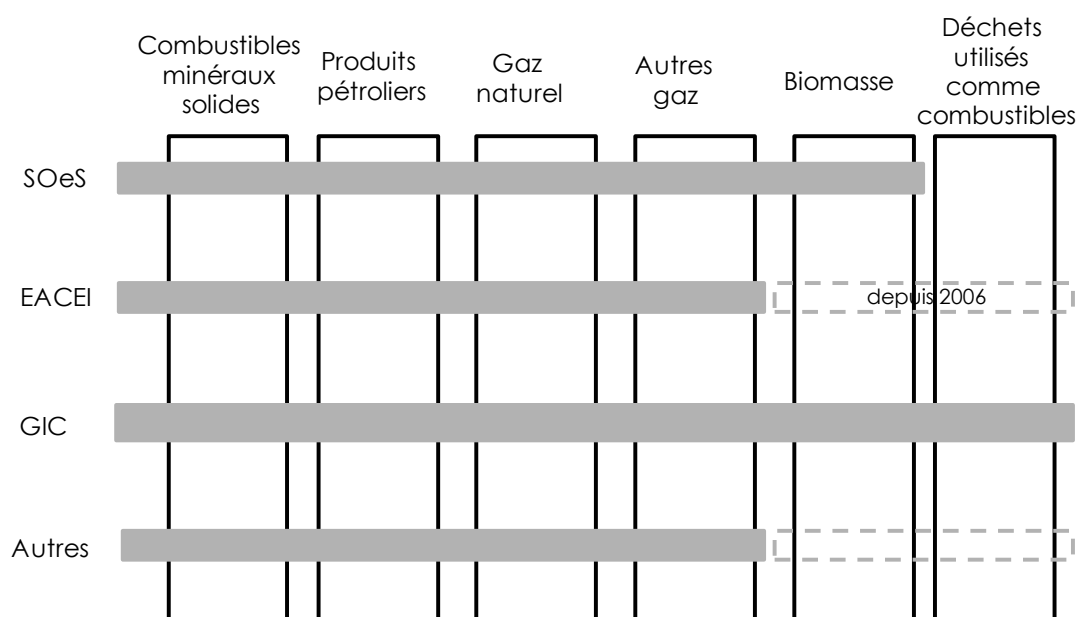
- L'inventaire des Grandes Installations de Combustion (GIC) [39] dans lequel les données sont disponibles par combustible pour les installations de plus de 50 MW.
- Les données relatives aux déclarations annuelles des rejets de polluants [19] qui comportent des informations relatives aux différents 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 à l'Outre-mer fournies par le CPDP [14] et les observatoires régionaux (cf. section générale énergie).
- 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 1 : Périmètres des sources relatives aux bilans énergétiques**



**Figure 2 : 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 1 : 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 <sup>1</sup>	NCE E35
Food processing,	10, 11 et 12	10, 11 et 12	10, 11 et 12	Industries agro-alimentaires	NCE E12 à E14

<sup>1</sup> y compris Imprimerie.

Référentiel CCNUCC / CRT et CEE-NU / NFR				Référentiel SNIEBA	
Secteur	ISIC rev 4	NACE rev 2	NAF rev 2	Secteur	Retenu
beverages and tobacco					
Non-metallic minerals	23	23	23	Minéraux non métalliques	NCE E19 à 22
Other	13 à 16, 26 à 32	13 à 16, 26 à 32	13 à 16, 26 à 32	Equipements et matériels de transports	NCE E30 à 33
				Divers industrie	NCE E15, E34, E36 à E38

Pour des raisons de confidentialité statistique, l'EACEI ne couvre pas l'industrie du tabac qui se retrouve de facto répartie sur l'ensemble des secteurs et pas nécessairement dans le secteur de l'industrie agro-alimentaire.

Le logigramme ci-après décrit les différentes phases de traitement de l'information qui aboutissent :

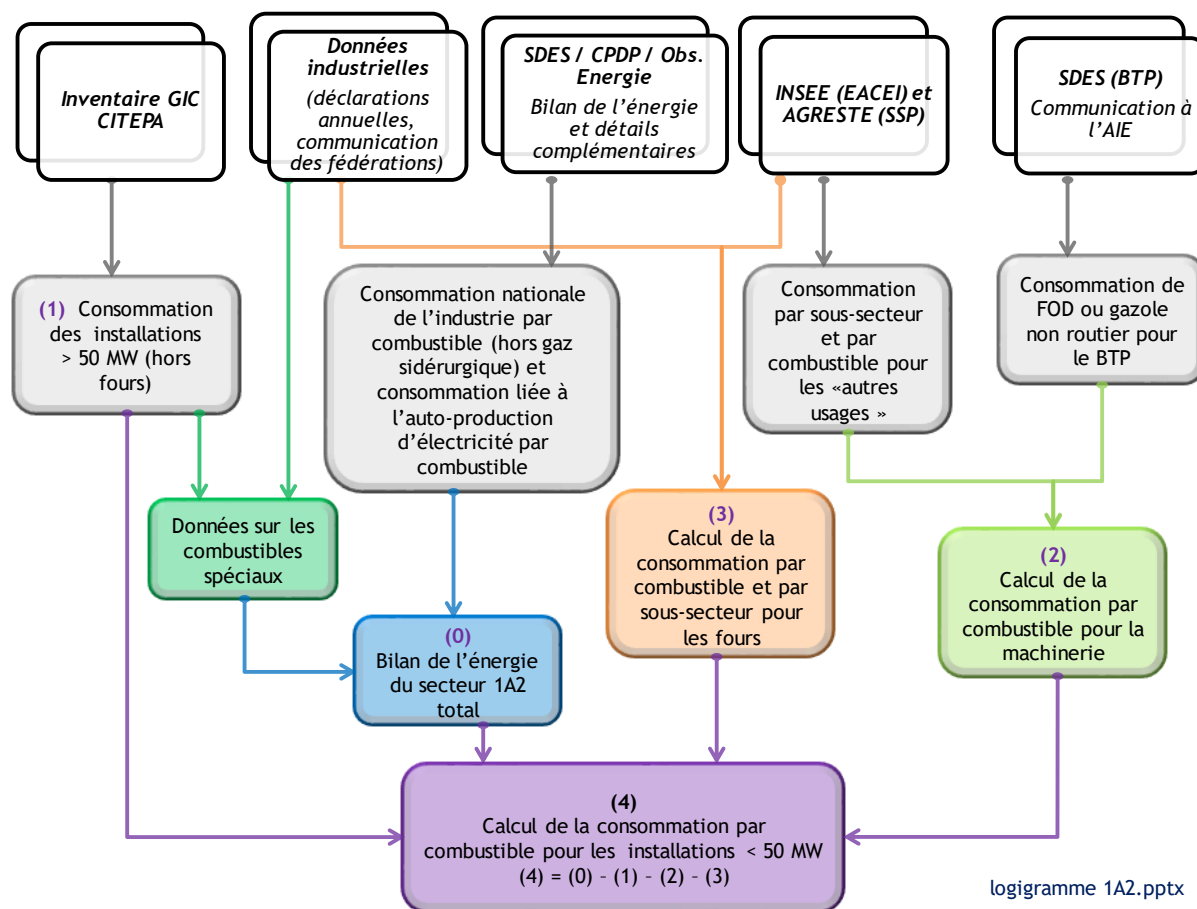
- d'une part, à déterminer les consommations de combustibles fossiles, de biomasse et de déchets valorisés dans des installations de combustion hors incinération pour les différents secteurs de l'industrie,
- d'autre part, à déterminer les consommations des mêmes combustibles pour les catégories SNAP relatives à la combustion sous chaudières (SNAP 0301XX), dans des fours sans contact (SNAP 0302xx) et avec contact<sup>2</sup> (SNAP 0303xx) qui servent de données d'activité.

---

<sup>2</sup> se dit des installations où les produits de la combustion entrent en contact avec d'autres produits tels que des matières premières dans certains fours.



Figure 3 : Logigramme du processus d'estimation des consommations d'énergie de l'industrie manufacturière en France



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. Un récapitulatif plus détaillé par type de combustible est présenté en annexe 13 pour quelques années à partir de 1990.

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 (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, métaux lourds, etc.) sous certaines conditions de représentativité.
- La modélisation des émissions est également envisageable mais relativement peu pratiquée car complexe et onéreuse à mettre en œuvre.
- Le recours à des facteurs d'émission est très fréquent notamment pour les substances non visées par les approches précédentes, mais aussi comme indicateur représentant in fine la quantité rejetée au cours d'une période donnée par rapport à une unité d'activité.

Les données disponibles que constituent les déclarations des exploitants aux DREAL [19] comportent de nombreuses indications qui sont basées sur les approches citées ci-dessus. Ces informations sont exploitées au niveau de chaque installation pour les plus importantes, notamment pour réaliser certains inventaires (cf. inventaire GIC). Ce processus permet une prise en compte des spécificités de chaque installation le cas échéant (par exemple, tenir compte de la teneur en soufre du combustible spécifiquement consommé par l'installation). A défaut d'être disponible, l'information recherchée est remplacée, soit par un bilan matière, soit par l'utilisation d'un facteur d'émission moyen qui peut toutefois rester spécifique d'un type d'équipement, d'une taille d'installation, etc.

Ces facteurs d'émission sont développés dans les sous-sections suivantes propres aux différentes catégories de polluants.

Les secteurs présentant des spécificités sont développés dans des sections particulières (sidérurgie, métaux non ferreux, etc. – catégories CRT 1A2a, 1A2b, 1A2g et 1A2f) tandis que pour les autres secteurs ne comportant que des installations de combustion relativement classiques et homogènes (catégories CRT 1A2c, 1A2d et 1A2e), les éléments généraux développés dans la présente section et ses sous-sections sont directement applicables.

Concernant la sidérurgie, les flux énergétiques présentent une complexité dans la répartition des usages énergétiques et non énergétiques correspondant aux catégories CRT et NFR 1A2a, 1B1b et 2C1. En ce qui concernent les rejets de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>, en accord avec les lignes directrices du GIEC, les émissions issues de la combustion de combustibles minéraux solides (hors gaz sidérurgiques consommés dans les chaudières) sont allouées au CRT 2C1. En ce qui concerne les autres substances (i.e. le N<sub>2</sub>O et les polluants atmosphériques), d'après les lignes directrices du GIEC et d'EMEP, les émissions de la combustion de combustibles minéraux solides sont réparties entre usages énergétiques et non énergétiques selon les divers usages (i.e. ateliers sidérurgiques). Toutes les émissions liées à la combustion de combustibles liquides et gaz naturel sont considérées en tant qu'usage énergétique, et donc allouées au CRT et NFR 1A2. Les émissions liées aux gaz sidérurgiques vendus à d'autres sites sont allouées aux secteurs consommateurs.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les facteurs d'émission spécifiques nationaux ou par sites sont appliqués selon les secteurs (cf. section générale énergie).

Pour les combustibles particuliers, connus grâce aux déclarations annuelles de rejets [19] dans le cadre du système d'échange de quotas d'émissions (SEQUE), des facteurs d'émission spécifiques recalculés d'après les déclarations sont utilisés.

Les émissions de CO<sub>2</sub> des consommations de combustibles solides au sein des ateliers sidérurgiques (liées à la combustion, cf. section 1A2a « Iron and steel »), hors GIC, sont allouées au CRT 2C1, conformément aux lignes directrices du GIEC 2006.

### **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les valeurs par défaut par combustible proviennent du GIEC 2006 [638, 1365].

Comme pour le CO<sub>2</sub>, les émissions de CH<sub>4</sub> liées aux consommations de combustibles solides au sein des ateliers sidérurgiques (liées à la combustion, cf. section 1A2a « Iron and steel »), hors GIC, sont également allouées au CRT 2C1 conformément aux lignes directrices du GIEC 2006. Les émissions de N<sub>2</sub>O, ne pouvant être rapportées dans le CRT 2C1, sont allouées au CRT 1A2a.

### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

### **Emissions de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> et poussières totales en suspension (TSP)**

Concernant les chaudières, on dispose chaque année de données spécifiques pour un certain nombre d'installations de puissance supérieure à 50 MW [19, 39]. Ces valeurs spécifiques permettent de déterminer une valeur moyenne par défaut basée sur plusieurs années d'observation. Pour les installations de moins de 50 MW, des facteurs d'émission par défaut sont employés (cf. section générale énergie).

Concernant les fours, les émissions sont déterminées le plus souvent à partir des déclarations annuelles disponibles [19]. Dans les autres cas, les émissions sont déterminées à partir de méthodes intermédiaires et de facteurs d'émission propres à chaque secteur de l'industrie (cf. sections 1A2a à 1A2g).

Pour les NO<sub>x</sub> et TSP, un cas particulier reste néanmoins à souligner pour la combustion du bois dans des installations inférieures à 50 MW. Pour les NO<sub>x</sub>, une analyse spécifique des déclarations pour les installations d'une puissance comprise entre 20 et 50 MW, ainsi qu'une étude sur les niveaux d'émission des installations inférieures à 20 MW [1212], permettent de déterminer des facteurs d'émission spécifiques. Pour les TSP, la prise en compte d'installations, entre 1 et 20 MW, faisant partie du Fond Chaleur de l'ADEME, conduit à une baisse des facteurs d'émission à partir de 2010 [1004].

### **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 Guidebook EMEP/EEA pour les installations > 50 MW [939] et celles inférieures à 50 MW [940], et d'une étude nationale spécifique pour les NAPFUE 111, 116 et 117 [67].

Pour les COVNM liés à la combustion de bois, une distinction spécifique est faite pour considérer les installations faisant partie du Fond Chaleur de l'ADEME, avec des niveaux d'émission plus faibles, à partir de 2010 [1004].

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont en général faibles et estimées au moyen de facteurs d'émission moyens par combustible pour les installations inférieures à 50 MW (cf. section générale énergie).

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

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  $PM_{10}$  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 de la référence [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.

### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années sauf dans le cas du plomb dans l'essence. Ces facteurs d'émission par combustible sont disponibles dans la section générale énergie.

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

Les émissions de dioxines/furanes sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, supposés constants au cours des années.

Les facteurs d'émission utilisés sont ceux décrits dans la section générale énergie. 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].

### **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].

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

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

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

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

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
16/01/2026	JC	02/02/2026	GB

# Industrie manufacturière (combustion) - Sources mobiles

La présente section traite des émissions liées à la combustion provenant de sources mobiles du secteur de l'industrie et du BTP (engins mobiles non routiers). 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.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1.A.2.a / 1.A.2.b / 1.A.2.c / 1.A.2.d / 1.A.2.e / 1.A.2.f / 1.A.2.g
CEE-NU / NFR	1.A.2.g.vii
SNAPc (extension Citepa)	08.08.01 et 08.08.02
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	Hors champ
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Top down	Valeurs nationales pour les polluants réglementés et valeurs par défaut pour les autres

## Niveau de méthode :

Rang 1 à 2 du fait de l'utilisation et de l'évolution des FE nationaux pour les polluants réglementés.

## Références utilisées :

- [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
- [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)
- [49] TNO – Etude CEPMEIP relative aux émissions de particules, 2001
- [71] SAMARAS Z. & ZIEROCK K-H. – The estimation of other mobile sources and machinery. May 1994
- [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



- [624] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 3, Combustion mobile, Table 3.3.1 et 3.2.2
- [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
- [935] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1A4 Non-road mobile sources and machinery, table 3-1, FE NH<sub>3</sub> / FE BC / FE particules GPL
- [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)
- [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
- [1134] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 - 1.A.3.b.i-iv Road transport

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

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] (voir chapitre suivant).

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

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 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.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

### Emissions de CO<sub>2</sub>

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les valeurs nationales (par combustible) sont appliquées uniformément à tous les équipements (cf. section générale énergie).

### Emissions de CH<sub>4</sub>

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 composition du parc.

Pour information, les facteurs d'émission correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins diesel sont présentés ci-après :

**Tableau 2 : Facteurs d'émission du CH<sub>4</sub> par gamme et par norme d'engin**

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Compacteuses à plaque vibrante, bétonnières	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	1,4
Chargeuses compactes	3,9	3,9	1,3	1,3	1,3	1,3	0,9
Trancheuses	3,9	3,9	1,3	1,3	1,3	1,3	0,9
Rouleaux	3,3	1,3	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6
Pelles mécaniques, finisseurs	3,3	1,3	0,9	0,9	0,6	0,6	0,3
Bulldozers, chargeuses, tractopelles	2,7	0,9	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3
Niveleuses	1,1	0,7	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3

### Emissions de N<sub>2</sub>O

Le calcul des émissions fait intervenir de multiples hypothèses sur la nature des équipements et leur utilisation. Les facteurs d'émission proviennent du GIEC 2006 [624].

### Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

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

Les émissions sont déterminées au moyen de facteurs d'émission calculés pour le FOD, le GNR et le GPL à partir des teneurs en soufre réglementaires et des pouvoirs calorifiques moyens des combustibles (cf. section générale énergie).

## Emissions de NO<sub>x</sub>, COVNM et CO

Le calcul des émissions fait intervenir de multiples hypothèses sur la nature des équipements et leur utilisation. Les facteurs d'émission sont établis sur la base de plusieurs références [71, 141, 1029] et varient selon le combustible et les années, en fonction de l'évolution des réglementations et de la mixité du parc. Enfin, une méthode d'ajustement des facteurs d'émission, en prenant en compte un facteur de détérioration selon le Stage et l'âge des machines, est appliquée aux facteurs d'émission moyens des engins diesel, selon le guide EMEP/EEA 2016 [1031].

Pour information les facteurs d'émission correspondant à chaque niveau de la réglementation pour les engins diesel sont présentés ci-après :

**Tableau 3 : Facteurs d'émission pour les NO<sub>x</sub> par gamme et par norme d'engin, pour l'industrie manufacturière et la construction**

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 4 : Facteurs d'émission pour les COVNM par gamme et par norme d'engin, pour l'industrie manufacturière et la construction**

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 5 : Facteurs d'émission pour les CO par gamme et par norme d'engin, pour l'industrie manufacturière et la construction**

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

g/GJ	Pré-Directive	Stage I	Stage II	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IV	Stage V
Rouleaux	595	595	458	458	458	458	458
Pelles mécaniques, finisseurs	595	595	458	458	458	458	458
Bulldozers, chargeuses, tractopelles	560	467	467	467	467	467	467
Niveleuses	476	476	333	333	333	333	333

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> des sources mobiles sont estimées à partir des facteurs d'émission proposés dans le Guidebook 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 6 : Facteurs d'émission pour les TSP par gamme et par norme d'engin, pour l'industrie manufacturière et la construction**

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<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>

#### 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 Guidebook EMEP / EEA [935]. Les particules de diamètre inférieur à  $2,5 \mu m$  sont supposées être également en totalité inférieures à  $1,0 \mu m$  de diamètre.

b. abrasion mécanique

Les facteurs d'émission sont déterminés par assimilation avec le transport routier.

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

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ .

a. combustion de carburants

Les ratios retenus sont différents selon les combustibles considérés :

- Diesel [938] : évolution annuelle selon l'évolution du parc des engins (cf. base de données),
- GPL [935] : 4,9%.

b. abrasion mécanique

Le ratio retenu varie entre 11,1 et 11,3% par assimilation avec le transport routier.

### **Métaux lourds (ML)**

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

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

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

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Pour les sources mobiles, les facteurs d'émission appliqués sont égaux à ceux du transport routier, et proviennent du guide EMEP/EEA [1134] (cf. section Transport routier). Pour les carburants d'origine biomasse, les mêmes facteurs d'émission que les composants fossiles sont utilisés en teneur massique (i.e., en mg/t), mais sont recalculés en teneur énergétique (i.e., en mg/GJ) en appliquant les PCI spécifiques aux biocarburants.

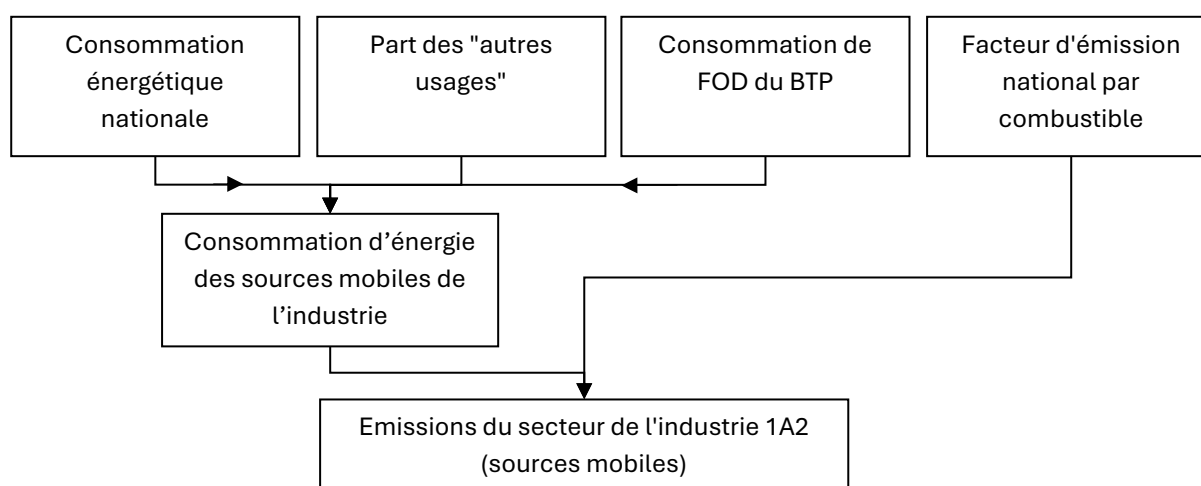
### **Polychlorobiphényles (PCB)**

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

### **Hexachlorobenzène (HCB)**

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

Figure 4 : Logigramme du processus d'estimation des émissions, pour l'industrie manufacturière et la construction





Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
09/02/2026	AT	30/01/2025	VM

# Fonderies de fonte grise

Cette section s'intéresse à la production de fonte grise.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1.A.2.a
CEE-NU / NFR	1.A.2.a
SNAPc (extension Citepa)	03.03.03
CE / directive IED	2.4 (en partie)
CE / E-PRTR	2d (en partie)
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Production nationale annuelle de fonte	Facteurs d'émission nationaux

## Niveau de méthode :

Rang 2

## Références utilisées :

- [26] Ministère de l'Industrie, de l'Economie et des Finances (SESSI) et Ministère de l'Agriculture (SCEES) – Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)
- [52] Charbonnages de France - Statistique charbonnière annuelle
- [66] EPA - AP42. Janvier 1995
- [68] OFEFP - Mesures pour la réduction des émissions de PM<sub>10</sub>. Document environnement n°136, juin 2001
- [70] Citepa - BOUSCAREN R. - Inventaire des émissions dans l'atmosphère de métaux lourds et de composés organiques persistants en France en 1990. Août 1996
- [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
- [583] EMEP / CORINAIR Guidebook 1996 – section B333-6
- [584] Citepa – Technical note on BAT in iron foundry industry, 1992, page 34
- [622] INSEE – Indice de la production industrielle - Produit détaillé dans les industries manufacturières
- [638] IPCC - Guidelines 2006 - Volume 2 - section I.8 - table 1- 4 (CO<sub>2</sub>) ; Volume 2 - tables 2.2, 2.3, 2.4 et 2.5 (CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O)

[957] Statistiques de la Fédération Forge et Fonderie

[1079] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 2C3 Aluminium production

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

La production de fonte 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.

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

Dans les fours à cubilot, le coke de houille contenant du soufre, sa combustion entraîne des émissions de SO<sub>2</sub>. Les polluants associés à la combustion sont également émis : NO<sub>x</sub>, COVNM, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, etc.

Les autres types de fours (fours à arc électriques, à induction ou rotatifs) ne présentent pas d'émission relative à la plupart des substances considérées dans l'inventaire contrairement aux fours à cubilot cités précédemment.

Les particules sont considérées émises plutôt lors du moulage que lors de la combustion.

Les émissions sont calculées à partir de la production nationale de fonte ([622] de 1960 à 1980, [957] à partir de 1981) et de facteurs d'émission. Pour les gaz à effet de serre, la consommation de combustibles pour la production de fonte et des facteurs d'émission spécifiques aux combustibles sont utilisés. Les consommations nationales de combustibles sont issues de statistiques nationales sectorielles [26] jusqu'en 2010. A partir de 2011, par manque de données, une consommation totale de combustibles est estimée à partir du ratio d'énergie consommée par tonne de fonte produite pour l'année 2010 et de la production nationale de fonte [957]. Les consommations par type de combustible sont estimées à partir de la consommation totale et de la répartition moyenne (moyenne réalisée sur les années 2006 à 2010) des consommations par type de combustible, appliquée à la consommation totale annuelle.

# Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

D'après CORINAIR [583], les émissions de CO<sub>2</sub> induites par la production de fonte grise sont uniquement dues à la consommation de combustibles. Les émissions de CO<sub>2</sub> sont calculées en multipliant les consommations de combustibles [26] par les facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie). Le facteur d'émission du CO<sub>2</sub> est ensuite rapporté à la production annuelle [622][957]. Il varie donc en fonction des années.

## **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Comme pour le CO<sub>2</sub>, les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O sont obtenues en appliquant les facteurs d'émission par défaut par combustible [638] aux consommations [26]. Le facteur d'émission global est ensuite déterminé en rapportant les émissions totales à la production annuelle [622].

# Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

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

Les émissions de SO<sub>2</sub> 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 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> et CO liées à la fabrication de fonte sont considérées comme émanant 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 NO<sub>x</sub>**

Le facteur d'émission moyen retenu pour les NO<sub>x</sub> provient de la littérature [583].

## **Emissions de COVNM**

Le facteur d'émission moyen retenu pour les COVNM provient de la littérature [583].

## **Emissions de CO**

Le facteur d'émission moyen retenu pour le CO provient de la littérature [254].

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables lors de la production de fonte grise.

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

Le facteur d'émission des poussières totales est issu de l'OFEFP [68]. Ce facteur d'émission dépend du type de four utilisé. La moyenne entre le facteur d'émission du four à cubilot et du four électrique est retenue.

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

Pour les  $PM_{10}$ , la même méthodologie que pour les TSP est appliquée. Le facteur d'émission des  $PM_{10}$  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 2023 [1079]. La valeur retenue est assimilée à celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire.

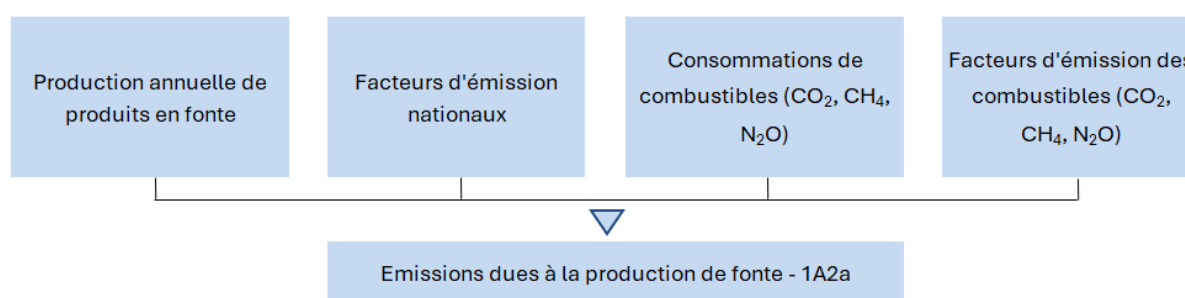
#### Métaux lourds (ML)

Dans cette section, les facteurs d'émission proviennent tous de l'étude réalisée par R. Bouscaren [70]. Les émissions de mercure et de sélénium sont considérées comme négligeables.

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

Dans cette section, seules des émissions de dioxines et furanes sont attendues. Le facteur d'émission provient de la littérature [70]

Figure 5 : Logigramme du processus d'estimation des émissions des fonderies de fonte grise



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
05/02/2026	YH	09/02/2026	GB

## Sidérurgie : production de fonte et d'acier

Les activités traitées dans cette section concernent la consommation de combustibles des ateliers sidérurgiques (émissions liées à la combustion).

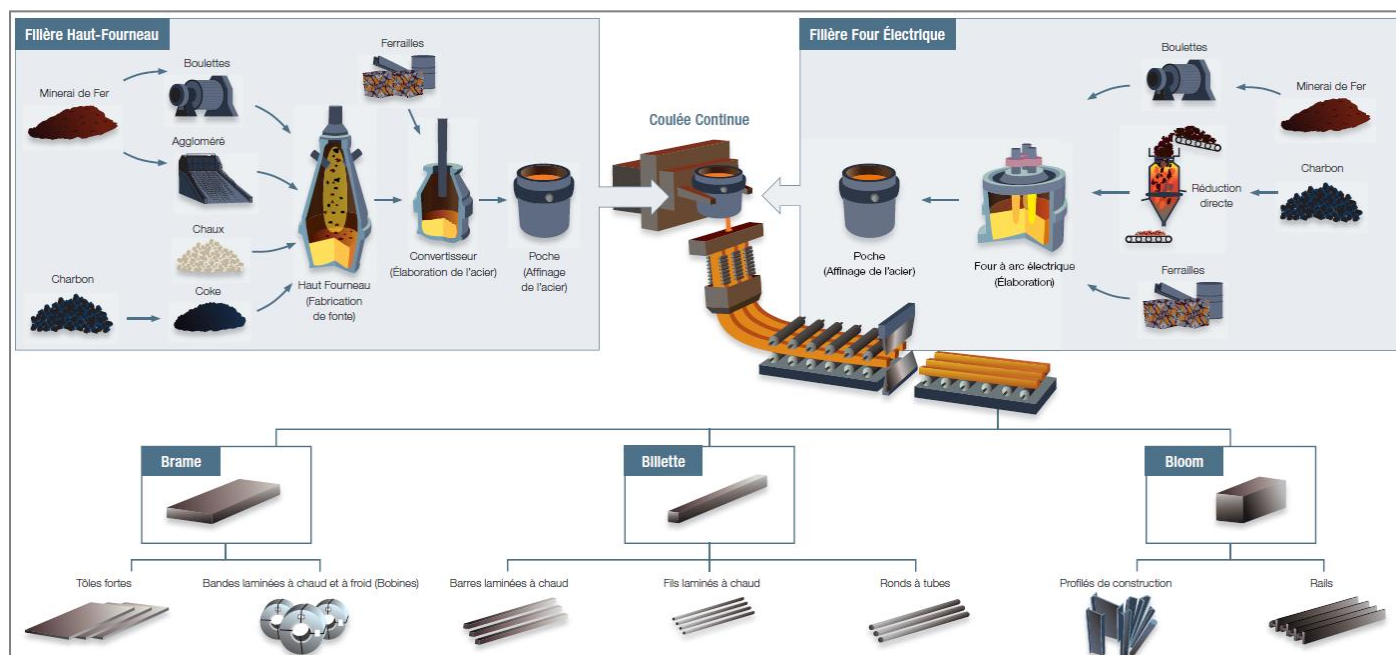
- L'agglomération de minerai ;

- 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.

Le procédé et les différents ateliers de fabrication sont rappelés ci-dessous.

**Figure 6 : Représentation schématique des processus de production d'acier, selon les filières haut-fourneau et four électrique**



Source : acier.org

- Agglomération de minerais

La **chaîne d'agglomération** est un atelier dans lequel le minerais 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 minerais (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 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) dans les 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, tandis que les procédés non énergétiques sont traités dans la section « 2C1 - iron and 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 COVM 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.

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1.A.2.a
CEE-NU / NFR	1.A.2.a
SNAPc (extension Citepa)	03.02.03, 03.03.01, 03.03.02
CE / directive IED	2.2
CE / E-PRTR	2b
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Données de productions et consommations de combustibles	Valeurs déterminées à partir des émissions déclarées par les exploitants, de valeurs nationales par défaut et des caractéristiques des combustibles

### Niveau de méthode :

Rang 2+ du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

### Références utilisées :

[10] Ministère de l'Environnement - Données internes

[19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants

[27] Fédération française de l'Acier (FFA) / A3M (Alliance des Minerais, Minéraux et Métaux) - Données internes (jusqu'en 2013)

[50] Données communiquées directement par les exploitants au Citepa

[70] Citepa – BOUSCAREN R. – Inventaire des émissions dans l'atmosphère de métaux lourds et de composés organiques persistants en France en 1990. Août 1996

[162] LECES - Evolution des métaux lourds et composés organiques persistants en sidérurgie, 1996



- [357] TNO – Technical paper to the OSPARCOM – HELCOM – UNECE emission inventory, report TNO-MEP R93/247, p26, 1995
- [638] IPCC – Guidelines 2006 – Volume 2 – section I.8 – table 1-4 (CO<sub>2</sub>) ; Volume 2 – tables 2.2, 2.3, 2.4 et 2.5 (CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O)
- [1081] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 1.A.2 Manufacturing industries

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

Actuellement, deux sites intégrés de production d'acier sont encore en activité (présence du four à coke, de l'agglomération, 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.

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

- 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.

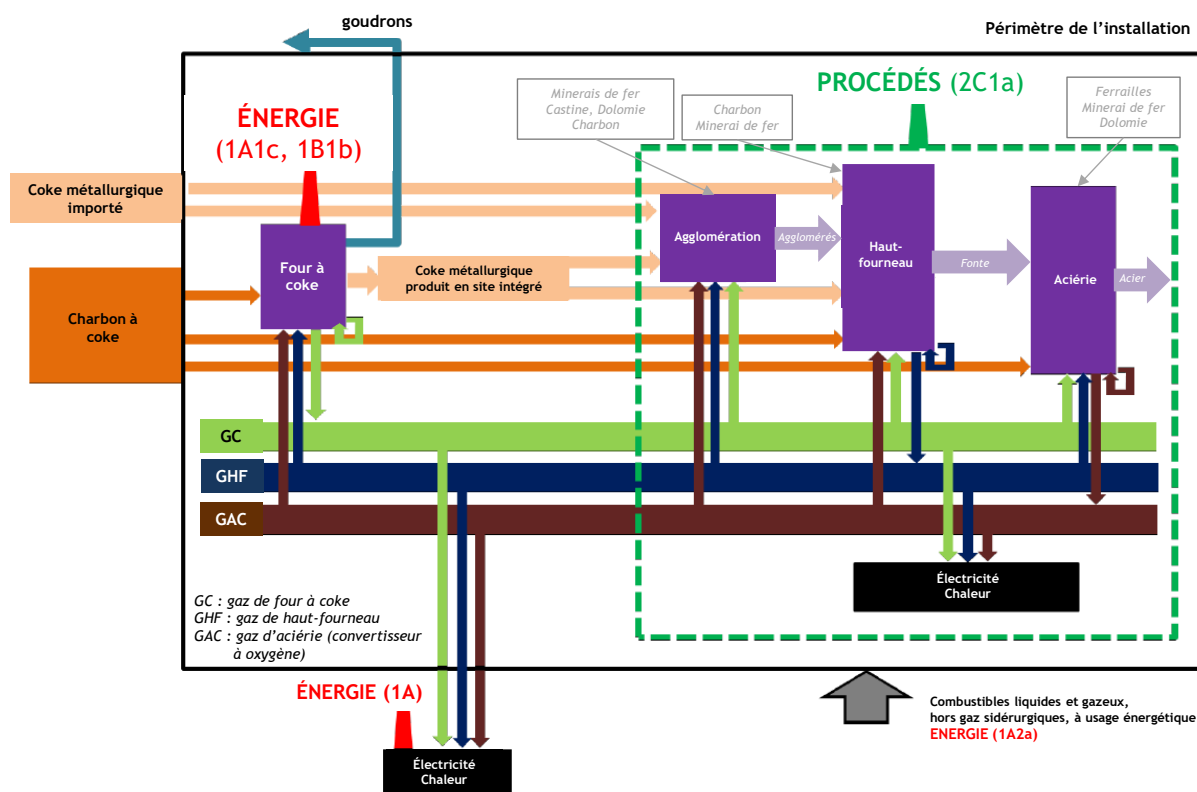
Par exemple, l'atelier de production de fonte (au sein du haut-fourneau) utilise du coke et des charbons comme agents réducteurs (matières premières → émissions liées au procédé 2C1) et des combustibles liquides et gazeux pour réchauffer l'air injecté à la base du haut-fourneau qui provoque la combustion des matières premières (émissions liées à la combustion 1A2a). En découlent des gaz de haut-fourneau, issus de la transformation des matières premières, qui 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 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.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

La répartition des flux de combustibles et matériaux entrants des installations sidérurgiques, et des émissions de gaz à effet de serre associées est présentée ci-dessous :

**Figure 7 : Schéma des divers flux de produits au sein d'un site sidérurgique intégré, et répartition des flux selon les CRT**



*Schéma tiré des Lignes directrices du GIEC – Refinement 2019 (V3\_CH04\_Figure 4.8d), et adapté à la situation française.*

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

Concernant les émissions de CO<sub>2</sub>, les consommations de combustibles solides et de gaz sidérurgiques au sein des ateliers sidérurgiques, hors GIC (grande installation de combustion) et fours à coke, sont considérées comme non-énergétiques et donc allouées au secteur CRT 2C1, conformément aux lignes directrices du GIEC 2006 [953] (cf. schéma ci-dessus et section « 2C1 - iron and steel » pour leurs estimations). Les consommations de gaz sidérurgiques dans les GIC sont bien allouées aux émissions énergétiques (i.e., au CRT 1A2a). Les émissions liées aux fours à coke sont allouées au CRT 1A1c (cf. schéma ci-dessus). Les consommations de gaz naturel et produits pétroliers des divers ateliers sidérurgiques sont bien allouées aux émissions énergétiques (CRT 1A2a), conformément aux lignes directrices du GIEC 2006 [953] (cf. schéma ci-dessus).

Il convient de noter que des émissions de CO<sub>2</sub> sont estimées pour des consommations de combustibles solides pour des productions du CRT 1A2a hors ateliers sidérurgiques (e.g., forges), provenant des données du bilan de l'énergie du SDES [1] (cf. section « 1A2 - Industrie manufacturière (combustion) »).

Les émissions énergétiques de CO<sub>2</sub> des gaz sidérurgiques des GIC sont estimées en fonction des quantités de gaz brûlés dans les différentes installations selon les déclarations des exploitants [19] et des facteurs d'émission, également déclarés [19], entre les années 2015 et 2017 (premières années où le CO<sub>2</sub> était déclaré dans le SEQE pour ces combustibles).

Les émissions énergétiques de CO<sub>2</sub> de la combustion des produits pétroliers et du gaz naturel dans les ateliers sidérurgiques sont estimées en fonction des consommations de chacun des ateliers (cf. section précédente) et des teneurs en carbone moyennes fournies par la fédération entre 2001 et 2008 [27].

Par ailleurs, la majorité des installations du secteur est soumise au système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre de l'Union européenne (SEQE-UE) et les données spécifiques pour les sites sont utilisées [19]. Cependant, celles-ci ne nous permettent pas de distinguer les consommations et émissions par atelier sidérurgique (dont les fours à coke), c'est pourquoi les émissions énergétiques sont calculées selon les statistiques de la fédération [27] (approche top-down). Les émissions totales du secteur de la sidérurgie (CRT 1A1c, 1A2a et 2C1) sont toutefois cohérentes avec le SEQE [19] car celles-ci sont considérées pour la partie procédés (cf. section « 2C1 – iron and steel » pour voir la méthodologie globale sur le CO<sub>2</sub> du secteur sidérurgique global).

### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

Comme pour le CO<sub>2</sub>, les émissions de CH<sub>4</sub> liées aux consommations de combustibles solides et des gaz sidérurgiques au sein des différents ateliers sidérurgiques, hors GIC, sont également désormais allouées au CRT 2C1 conformément aux lignes directrices du GIEC 2006.

- Agglomération de minerai

Les émissions de CH<sub>4</sub> sont connues annuellement, site par site depuis 2003 [19]. A l'aide de la production nationale d'agglomérés, un facteur d'émission moyen est recalculé. Pour rapporter les émissions liées à la combustion par type de combustible, les facteurs d'émission standards nationaux par combustible sont utilisés, pondérés par le facteur d'émission issu des déclarations annuelles (afin d'assurer la cohérence avec les émissions déclarées). Avant 2003, un facteur d'émission moyen basé sur les données de 2003 et 2004 est appliqué.

- Réchauffeurs de hauts-fourneaux

Les émissions de CH<sub>4</sub> sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638]. Les émissions sont ensuite ramenées à la production annuelle de fonte brute [27] pour obtenir le facteur d'émission par tonne de fonte produite.

- Autres ateliers

Les émissions de CH<sub>4</sub> pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638].

**Emissions de N<sub>2</sub>O**

- Agglomération de minerais

Les émissions de N<sub>2</sub>O sont connues annuellement, site par site depuis 2003 [19]. A l'aide de la production nationale d'agglomérés, le facteur d'émission moyen est recalculé. Pour rapporter les émissions liées à la combustion par type de combustible, les facteurs d'émission standards nationaux par combustible sont utilisés, pondérés par le facteur d'émission issu des déclarations annuelles (afin d'assurer la cohérence avec les émissions déclarées). Avant 2003, un facteur d'émission moyen basé sur les données de 2003 et 2004 est appliqué.

- Réchauffeurs de hauts-fourneaux

Les émissions de N<sub>2</sub>O sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638]. Les émissions sont ensuite ramenées à la production annuelle de fonte brute [27] pour obtenir le facteur d'émission par tonne de fonte produite.

- Autres ateliers

Les émissions de N<sub>2</sub>O pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission par défaut du GIEC 2006 [638].

**Emissions de Gaz fluorés**

Pas d'émission attendue.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

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

- Agglomération de minerais

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont connues annuellement, site par site, depuis 1994 [19]. Le facteur d'émission moyen est recalculé à l'aide de la production nationale d'agglomérés [27].

- Réchauffeurs de hauts-fourneaux

A partir de 2004, les émissions déclarées [19] sont utilisées. Pour les années antérieures, un facteur d'émission moyen a été calculé sur la base des données disponibles [27]. Lorsque les déclarations comprennent les émissions des réchauffeurs (combustion), et de la coulée et du chargement (procédé), une étude menée par la profession [27] est utilisée pour calculer un facteur d'émission dédié à la partie combustion.

- Autres ateliers

Les émissions de SO<sub>2</sub> pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

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

- Agglomération de minerais

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont connues annuellement, site par site, depuis 1994 [19]. Le facteur d'émission moyen est recalculé à l'aide de la production nationale d'agglomérés [27].

- Réchauffeurs de hauts-fourneaux

A partir de 2004, les émissions déclarées [19] sont utilisées. Pour les années antérieures, un facteur d'émission moyen a été calculé sur la base des données disponibles [27]. Lorsque les déclarations comprennent les émissions des réchauffeurs (combustion), et de la coulée et du chargement (procédé), une étude menée par la profession [27] est utilisée pour calculer un facteur d'émission dédié à la partie combustion.

- Autres ateliers

Les émissions de NO<sub>x</sub> pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

### **Emissions de COVNM**

- Agglomération de minerais

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 minerais

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  $PM_{10}$ , 84% pour les  $PM_{2,5}$  et 66% pour les  $PM_{1,0}$  en 1990, et à 100% pour les  $PM_{10}$ , 90% pour les  $PM_{2,5}$  et  $PM_{1,0}$  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 PM<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient d'une estimation et vaut 5%.

- Réchauffeurs de hauts-fourneaux

Pas d'émission attendue dans cette section (affectées au procédé).

- Autres ateliers

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub> par type de combustible. Ces ratios proviennent du Guidebook EMEP/EEA sur les inventaires d'émissions de polluants [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.

### **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 du gaz naturel sont appliqués aux gaz sidérurgiques (gaz de cokerie, gaz de haut-fourneau, gaz d'aciérie).

### **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).

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

- Agglomération de minerais

En 2011 et 2012, des facteurs d'émission moyens de HAP sont issus des données obtenues auprès des sites et compilées par la fédération professionnelle [27]. En 2012 un des sites a été arrêté. Pour les années 2010 et antérieures, le facteur d'émission de 2011 est utilisé (situation antérieure à la fermeture). A partir de 2012, le facteur d'émission établi pour cette année-là est reporté (situation postérieure à la fermeture).

- Réchauffeurs de hauts-fourneaux

Les émissions sont regroupées avec les autres émissions des hauts-fourneaux présentées dans la section « 2C1 - iron steel ».

- Autres ateliers

Les émissions de HAP pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

- Agglomération de minerais

Les émissions de PCB sont calculées à partir de la production d'agglomérés et d'un facteur d'émission provenant de la littérature [357].

- Réchauffeurs de hauts fourneaux

Pas d'émission notable attendue.

- Autres ateliers

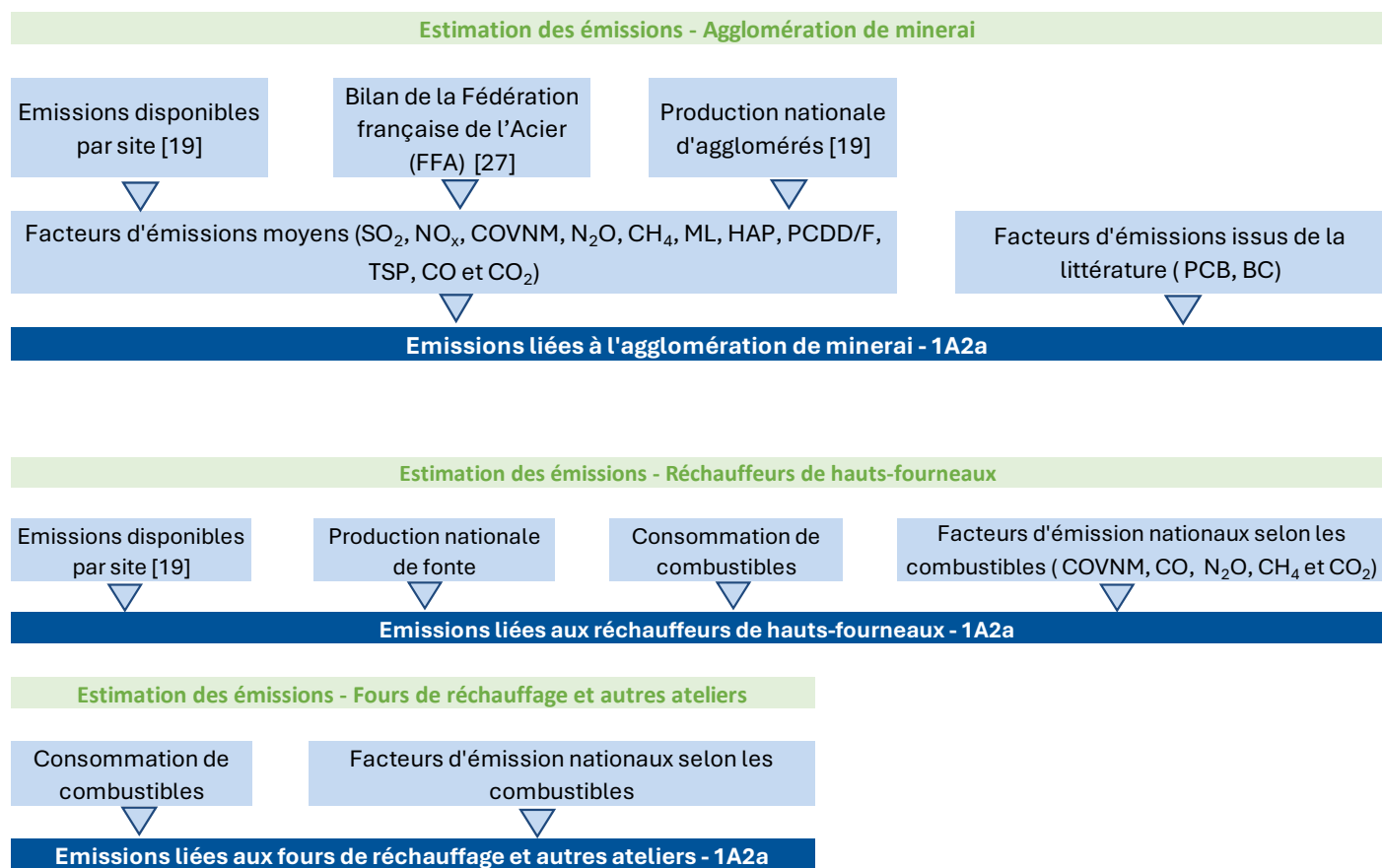
Les émissions de PCB pour ces ateliers sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés [27] et des facteurs d'émission nationaux relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

#### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Pas d'émission notable attendue.



Figure 8 : Logigrammes du processus d'estimation des émissions pour les divers ateliers sidérurgiques.



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
27/01/2026	YH	30/01/2025	VM

# Production de cuivre

Cette section concerne les émissions liées à la consommation de combustibles dans la production de cuivre de première et seconde fusion.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2b
CEE-NU / NFR	1A2b
SNAPc (extension Citepa)	030306, 030309
CE / directive IED	2.5
CE / E-PRTR	2e
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Volumes de production et consommations de combustibles du secteur	Valeurs nationales ou par défaut selon les substances

## Niveau de méthode :

Rang 2 du fait de l'activité spécifique au secteur et 3 en fonction des données disponibles auprès des exploitants.

## Références utilisées :

- [26] Ministère de l'Industrie, de l'Economie et des Finances (SESSI) et Ministère de l'Agriculture (SCEES) - Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)
- [50] Données communiquées directement par les exploitants au Citepa[70] Citepa - BOUSCAREN R. - Inventaire des émissions dans l'atmosphère de métaux lourds et de composés organiques persistants en France en 1990. Août 1996
- [74] EMEP MSC EAST - Note technique 6/2000
- [186] Ministry of Housing, physical planning and environment – Handbook of emission Factors - Industrial Sources – 1984
- [223] Société de l'industrie minérale – Annuaire statistique mondial des minerais et métaux
- [272] INSEE – Annuaire rétrospectif de la France - 1948 – 1988
- [623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)
- [1079] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 2C3 Aluminium production
- [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

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

Jusqu'en 2000, la production de cuivre de première fusion avait lieu sur un seul site en France. A partir de 1999, il n'y a plus de raffinage de cuivre de 1<sup>ère</sup> fusion, seulement 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 ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ),
  - la conversion du produit conduit au "blister" de cuivre titrant 98,5 à 99,5% de cuivre,
  - le produit subit enfin un raffinage thermique (moulage en anodes) puis est envoyé au raffinage électrolytique afin d'éliminer des dernières impuretés : le cuivre se dépose à la cathode et les dernières impuretés restent dans l'électrolyte.

Les cathodes de cuivre sont ensuite refondues dans un four de type ASARCO puis transformées en produits marchands (billettes et plateaux) dans un four de coulée continue.

### b. Production de cuivre de seconde fusion :

Le cuivre de seconde fusion est obtenu par fusion des déchets de récupération (fils électriques, 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).

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

Les niveaux d'activité correspondent aux productions de cuivre de 1<sup>ère</sup> et de 2<sup>nde</sup> fusion en France ainsi qu'aux consommations de combustibles des sites qui produisent ce cuivre : ces données proviennent des communications avec les industriels [50] ainsi que des statistiques françaises [272] et mondiales de production [223].

Les émissions de certains polluants sont connues directement à partir des données communiquées par les industriels. Pour les autres polluants des facteurs d'émission rapportés à la production sont déterminés.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

Les gaz à effet de serre émis lors de la production de cuivre sont le CO<sub>2</sub>, le N<sub>2</sub>O et le CH<sub>4</sub>.

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

Les facteurs d'émission sont calculés sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site [26] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

### **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Les facteurs d'émission sont calculés sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site [26] et de facteurs d'émission par combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

La production de cuivre est émettrice de SO<sub>2</sub>, de NO<sub>x</sub>, de COVNM et de CO.

### **Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>**

Les émissions de SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> 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 « procédés » du Guidebook EMEP/EEA [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 « procédés » du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1086] faute de données spécifiques dans la partie combustion.

Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les  $PM_{1,0}$  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].

### **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 valeurs disponibles dans la partie combustion pour ces substances, ce sont les valeurs disponibles dans la partie procédés qui sont utilisées pour l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le nickel et le plomb. Les émissions de zinc ne sont pas estimées dans le Guidebook EMEP/EEA, le facteur d'émission utilisé pour cette substance provient d'une étude du Citepa [70]

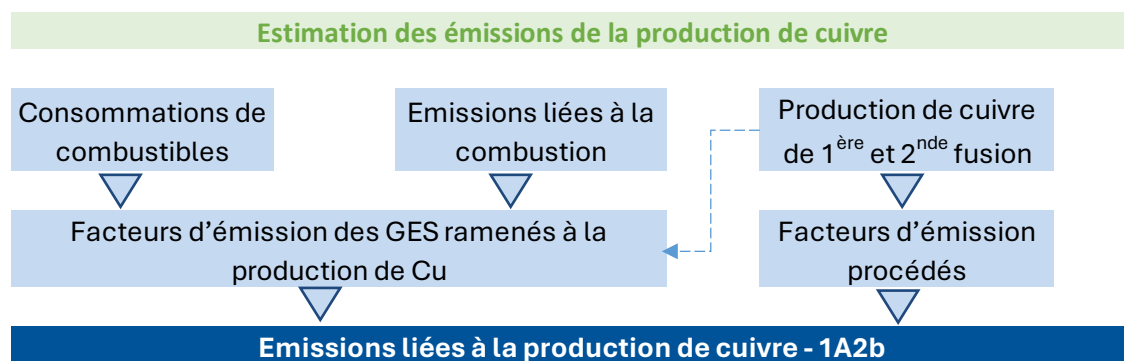
### **Dioxines et furanes (PCDD-F)**

Des émissions de dioxines et furanes sont considérées pour la production de seconde fusion. Le facteur d'émission provient d'une étude du Citepa [70].

### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Des émissions de HCB sont considérées pour la production de cuivre. Les facteurs d'émission proviennent de l'EMEP MSC EAST [74].

Figure 9 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de cuivre



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
27/01/2025	YH		

# 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 classée parmi 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.

Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au phénomène de décarbonatation de la dolomie sont traitées en section 2A relative aux produits minéraux et à la décarbonatation. Les émissions de gaz fluorés liées à la production de magnésium sont traitées en section 2C relative à la métallurgie.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2b
CEE-NU / NFR	1A2b
SNAPc (extension Citepa)	030323 et 040304
CE / directive IED	2.5 (pour partie)
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Volumes de production et consommations de combustibles du secteur	Utilisation de facteurs d'émission spécifiques à la France à partir de données connues par site ou de facteurs d'émission par défaut

## Niveau de méthode :

Rang 2.

## Références utilisées :

[19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants

[26] Ministère de l'Industrie, de l'Economie et des Finances (SESSI) et Ministère de l'Agriculture (SCEES) - Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)

[222] Péchiney et/ou Alcan - Données internes

[223] Société de l'industrie minérale – Annuaire Statistique Mondial de Minerais et Métaux

[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

[587] EPA – AP42, Janvier 1995, tableau 12.12-1

[623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)

[1079] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 2C3 Aluminium production

[1081] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 1A2 Manufacturing industries

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

### a. Première fusion

En raison de la grande stabilité des composés et du caractère électrochimique du magnésium, son extraction des minerais exige une grande dépense d'énergie sous forme de courant électrique. La métallurgie est basée soit sur l'électrolyse du chlorure fondu, soit sur la réduction de l'oxyde, par l'intermédiaire de ferro-silicium (ou de charbon ou de carbure de calcium), favorisée par la volatilité du métal.

Le processus métallurgique se déroule en deux phases : la première est la préparation de chlorure ou de l'oxyde purs et la suivante l'extraction du magnésium à partir de ses composés.

- Préparation d'oxydes purs

La production en France était basée entièrement sur l'électrolyse du chlorure fondu, obtenu à partir de la dolomie. La dolomie ( $\text{MgCO}_3$ ) est transformée en oxydes ( $\text{MgO}$ ) 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 ( $\text{MgO}$ ) obtenu à partir de la calcination de la dolomie -  $\text{MgCO}_3$ ), d'un réducteur et de produits de scarification. Le magnésium métal est libéré à l'état gazeux :  $\text{MgO} + \text{R} \rightarrow \text{RO} + \text{Mg}$ .

Le  $\text{SF}_6$  était utilisé comme gaz inertant pour la production de magnésium notamment, en raison de la complexité du procédé. Il y avait donc des émissions de  $\text{SF}_6$  dues à des fuites lors de la production [222]. Ces émissions sont traitées dans la section 2C relative aux procédés de la métallurgie. Les autres polluants étaient émis lors de la consommation de combustibles nécessaires au procédé [26].

### 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. Ces sites utilisent aussi le  $\text{SF}_6$  et des HFC comme gaz inertant. Les émissions de ces gaz fluorés sont traitées dans la section 2C relative aux procédés de la métallurgie, les émissions relatives à la combustion sont traitées dans la section générale relative à la combustion dans l'industrie.



## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

La production était connue via l'annuaire statistique mondial des minerais et métaux [223].

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

Pour la première fusion, les facteurs d'émission du CO<sub>2</sub> sont calculés sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site et des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie). Ils varient donc en fonction des années.

### **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Pour la première fusion, les facteurs d'émission du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O sont calculés sur la base des combustibles utilisés annuellement sur le site et des facteurs d'émission des guidelines du GIEC 2006 [623]. Ils varient donc en fonction des années.

### **Emissions de Gaz fluorés**

Les gaz fluorés émis par la production de magnésium sont traités dans la section 2C relative à la métallurgie.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

### **Emissions de SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>**

Pour la **première fusion**, les facteurs d'émission de SO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> 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<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> 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  $PM_{2,5}$ .

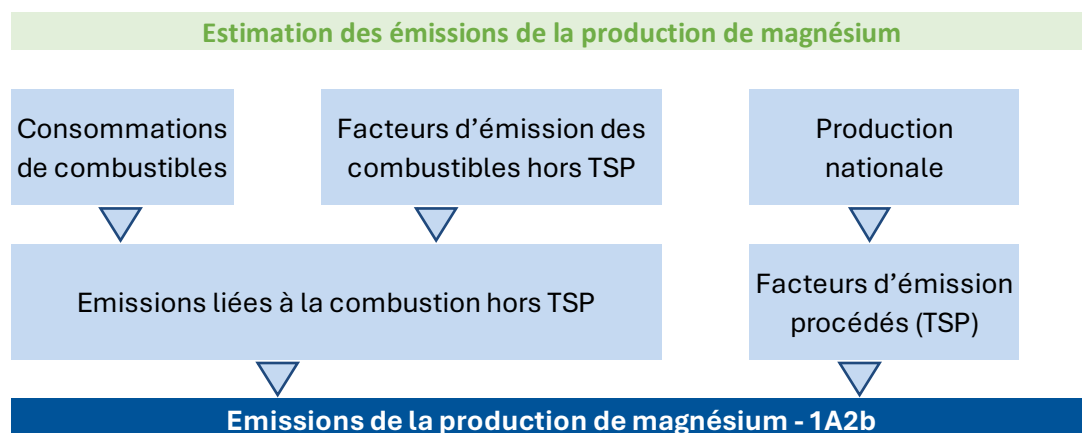
### Emissions de carbone suie / black carbon (BC)

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).

### 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].

**Figure 10 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de magnésium**



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
26/01/2026	YH	30/01/2025	VM

# Plomb et zinc de première fusion

Le plomb et le zinc de première fusion sont traités dans le même chapitre car historiquement un site commun produisait les deux métaux en France jusqu'en janvier 2003. La production de plomb de première fusion a cessé en France depuis 2003. En ce qui concerne la production de zinc de première fusion, il ne reste plus qu'un site en activité, séparé en deux entités.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2b
CEE-NU / NFR	1A2b
SNAPc (extension Citepa)	030304 et 030305
CE / directive IED	2.5
CE / E-PRTR	2e
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Volumes de production et consommations de combustibles	Valeurs nationales annuelles

## Niveau de méthode :

Rang 2 du fait de l'utilisation de facteurs d'émission nationaux.

## Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [26] Ministère de l'Industrie, de l'Economie et des Finances (SESSI) et Ministère de l'Agriculture (SCEES) - Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)
- [70] Citepa – BOUSCAREN R. – Inventaire des émissions dans l'atmosphère de métaux lourds et de composés organiques persistants en France en 1990. Août 1996
- [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
- [623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)
- [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 2023, Part B section 2C6 Zinc production

[1081] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 1A2 Manufacturing industries - Tables 3.1 à 3.5

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

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.

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

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.

# Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles du secteur d'activité et des facteurs d'émission correspondant aux différents combustibles (cf. section générale énergie).

Depuis 2003, les facteurs d'émission rapportés à la production de zinc (confidentiels) ont fortement diminué suite à la cessation d'activité d'un site très émetteur, du fait des combustibles utilisés, qui produisait à la fois du plomb et du zinc de première fusion.

## **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Les émissions déterminées sur la base des consommations du secteur et des facteurs d'émission par combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623]. Ils varient donc en fonction des années.

Depuis 2003, les facteurs d'émission rapportés à la production de zinc (confidentiels) ont fortement diminué à la suite de la cessation d'activité d'un site mettant en œuvre des procédés très émetteurs qui produisait à la fois du plomb et du zinc de première fusion.

## **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances.

# Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

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

Les émissions de SO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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 NO<sub>x</sub>**

Les émissions de NO<sub>x</sub> sont connues au travers des déclarations annuelles [19]. Pour chaque métal, les émissions sont ramenées à la quantité produite. Pour le site produisant les deux métaux, la répartition des émissions de NO<sub>x</sub> entre plomb et zinc de première fusion se fait au prorata des productions. Depuis la fermeture de ce site en 2003, il n'y a plus de production de plomb de première fusion.

Les facteurs d'émission rapportés à la production sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites concernés

### **Emissions de COVNM**

Le facteur d'émission est obtenu à partir des facteurs d'émission des différents combustibles (cf. section générale énergie) et des consommations annuelles du secteur d'activité. Le facteur d'émission ramené à la production est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites concernés et varie en fonction des années. Il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France depuis 2003.

### **Emissions de CO**

Le facteur d'émission est obtenu à partir des facteurs d'émission des différents combustibles (cf. section générale énergie) et des consommations annuelles du secteur d'activité. Le facteur d'émission ramené à la production est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites concernés et varie en fonction des années. Il n'y a plus de production de plomb de première fusion en France depuis 2003.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

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

Les émissions de TSP sont connues via la déclaration annuelle des sites producteurs [19].

#### Plomb de première fusion

Comme le site produisait à la fois du plomb et du zinc de première fusion, les émissions de TSP étaient réparties au prorata des productions. Le facteur d'émission était recalculé sur la base de la production de plomb, jusqu'à la cessation d'activité.

#### Zinc de première fusion

Comme l'un des sites produisait à la fois du plomb et du zinc de première fusion, les émissions de TSP étaient réparties au prorata des productions. Jusqu'en 2002, le facteur d'émission est recalculé sur la base de la production de zinc des deux sites producteurs. Depuis 2003, le facteur d'émission a fortement diminué à la suite de la fermeture d'un site et du fait des efforts de réduction des industriels.

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

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont déterminées sur la base d'une granulométrie provenant de la littérature [227]. Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les PM<sub>1,0</sub> est supposé identique à celui des PM<sub>2,5</sub>. Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

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

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>, ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

### **Métaux lourds (ML)**

Les productions de plomb et de zinc sont émettrices de certains métaux lourds décrits ci-dessous. Dans les deux cas, il n'y 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].

#### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de HAP sont considérées négligeables.

#### **Polychlorobiphényles (PCB)**

##### Plomb de première fusion

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

#### **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].

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
20/01/2025	AT	30/01/2025	VM

# Production d'aluminium de seconde fusion

L'activité concernée dans cette section est la production d'aluminium de seconde fusion.

La production d'aluminium de première fusion (par électrolyse) est traitée dans la section 2C relative aux procédés de la métallurgie.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2b
CEE-NU / NFR	1A2b
SNAPc (extension Citepa)	030310
CE / directive IED	2.5
CE / E-PRTR	2eii
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Volumes de production (pour les polluants hors GES)	Valeurs calculées à partir des émissions et de l'activité
Consommations de combustibles (pour les GES suivants : CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> )	Valeurs nationales et par défaut

## Niveau de méthode :

Rang 2 et 3.

## Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [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)
- [42] OFEFP - Coefficients d'émission des sources stationnaires, éditions 1995 et 2000
- [68] OFEFP - Mesures pour la réduction des émissions de PM<sub>10</sub>. Document environnement n°136, juin 2001
- [70] Citepa – BOUSCAREN R. – Inventaire des émissions dans l'atmosphère de métaux lourds et composés organiques persistants en France en 1990. Août 1996
- [74] EMEP MSC EAST – Note technique 6/2000
- [107] BICOCHI S., L'HOSPITALIER C. - Les techniques de dépoussiérage des fumées industrielles, état de l'art - RECORD, éditions TEC et DOC - mars 2002



- [163] UK fine particulate – Emissions from industrial processes, août 2000
- [623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)
- [1079] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 2C3 Aluminum production
- [1081] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 1A2 Manufacturing industries

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

Outre la 1<sup>ère</sup> fusion, l'aluminium est également produit à partir d'une grande diversité de déchets (canettes de boisson usagées, feuilles minces, déchets commerciaux, métaux laminés ou coulés, résidus d'écrouissage, laitiers salés, etc.), par l'industrie de 2<sup>nde</sup> fusion. Les produits à recycler passent dans un four de fusion afin de redevenir une matière première destinée à créer de nouveaux produits. Il existe actuellement une dizaine de sites en France (affineurs), de capacité variable, implantés sur tout le territoire.

## Méthodes générales d'estimation des émissions :

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.

# Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont calculées à partir des consommations de combustibles utilisées pour la production d'aluminium de seconde fusion [26] et des facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

## **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Les émissions de CH<sub>4</sub> sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

## **Emissions de Gaz fluorés**

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

# Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

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

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2003.

Pour les années antérieures, le facteur d'émission de l'année 1960 provient de la littérature [42] et les années intermédiaires sont interpolées. Les émissions des sites manquants sont déterminées en utilisant le facteur d'émission des sites connus si ceux-ci représentent plus de 60% de la production.

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

Les émissions de NO<sub>x</sub> et COVNM sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2003. Pour les années antérieures, les émissions sont déterminées en utilisant le facteur d'émission de 2003.

Les émissions des sites manquants sont déterminées en utilisant le facteur d'émission des sites connus si ceux-ci représentent plus de 60% de la production.

## **Emissions de CO**

A partir de 2003, les émissions de CO sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] ou à partir d'un facteur d'émission provenant de la littérature pour les sites manquants [42]. Le facteur par défaut de la littérature [42] est appliqué aux années antérieures.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

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

Les émissions de TSP sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2003.

Pour les années antérieures, le facteur d'émission de l'année 1990 provient de la littérature [68] et les années intermédiaires sont interpolées. Les émissions des sites manquants sont déterminées en utilisant le facteur d'émission des sites connus si ceux-ci représentent plus de 60% de la production.

La mise en place de système de dépoussiérage, tels que les filtres à manches et les électrofiltres, est de plus en plus fréquente.

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

Le facteur d'émission des  $PM_{10}$  est tiré de la littérature pour l'année 1990 [68]. Le ratio  $PM_{10}/TSP$  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 tirée de la littérature également [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 [1079]. La valeur retenue pour la combustion dans la métallurgie est celle indiquée pour la production d'aluminium secondaire (table 3.4).

### **Métaux lourds (ML)**

#### A partir de 2003

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 2003, sauf pour le sélénium dont le facteur d'émission issu de la littérature [70] est appliqué pour toute la période. Les émissions des sites manquants sont déterminées en utilisant le facteur d'émission des sites connus si ceux-ci représentent plus de 60% de la production ou en utilisant un facteur d'émission de la littérature [70] pour l'arsenic et le cadmium.

#### Avant 2003

Pour l'arsenic et le cadmium, les facteurs d'émission sont issus de la littérature [70] et gardés constants car ils correspondent aux facteurs des déclarations.

Pour le chrome, le cuivre, le plomb et le zinc, le facteur d'émission est indexé sur l'évolution du facteur d'émission des poussières totales.

Le facteur d'émission du nickel provient de la littérature [70] pour l'année 1990 ; les années intermédiaires sont interpolées.

Pour le mercure, la valeur de 2002, calculée sur la base d'une moyenne des facteurs d'émission 2003-2011, est reportée. En effet, le mercure est, par nature, majoritairement présent sous forme gazeuse, et non particulaire comme la plupart des autres métaux lourds. Le facteur d'émission ne suit donc pas l'évolution des facteurs d'émission des poussières totales.

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

Les émissions de dioxines et furanes sont connues site par site depuis 1998 au travers des déclarations annuelles des rejets [19]. Avant 1998, les émissions sont calculées en reportant les facteurs d'émission calculés site par site en 1998. Un facteur d'émission global pour chaque année est recalculé en appliquant un facteur d'émission moyen au reste de la

production (pour les sites qui ne déclarent aucune émission de PCDD-F). Ce facteur d'émission moyen est déterminé à partir de la moyenne sur deux années consécutives des facteurs d'émission connus, c'est-à-dire ceux calculés pour les sites qui déclarent leurs émissions et leurs productions.

### Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

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

### Polychlorobiphényles (PCB)

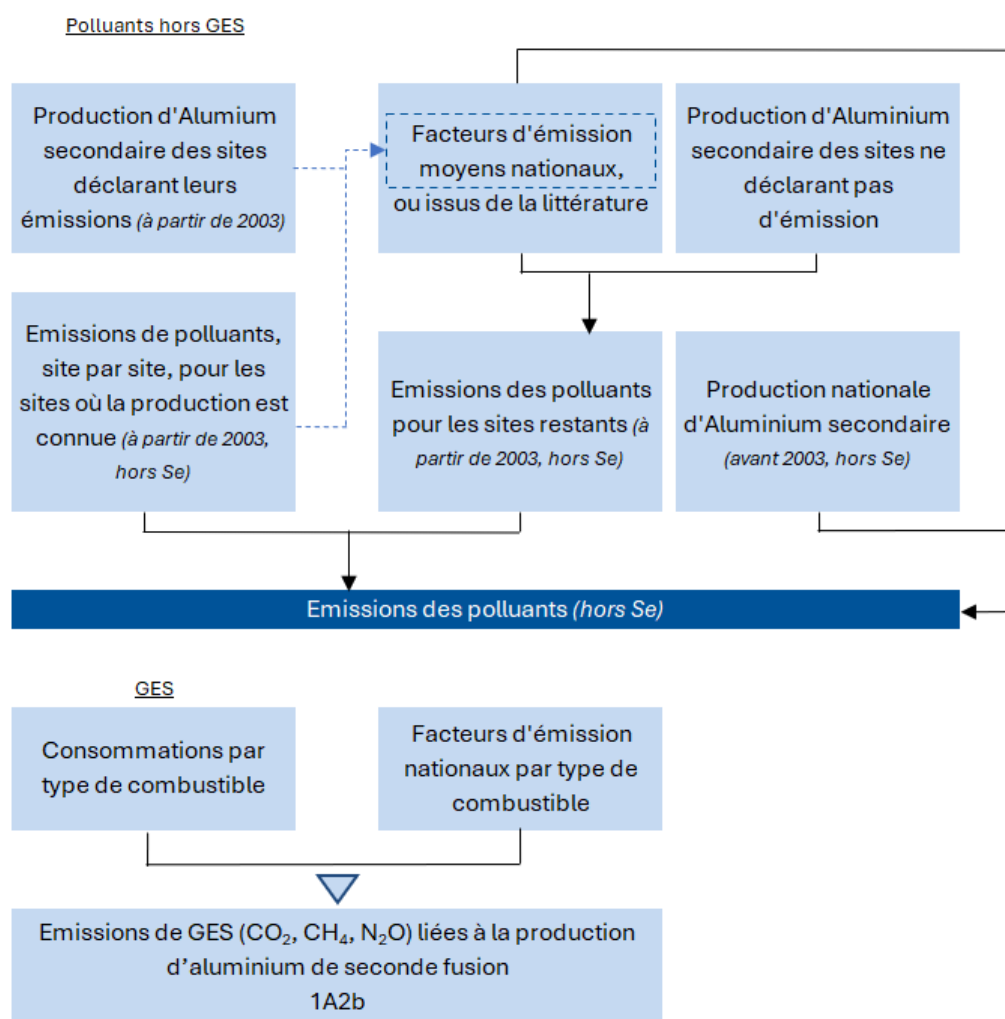
Il n'y a pas d'émission de PCB attendue lors de la seconde fusion de l'aluminium.

### Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de procédés sont déterminées à partir d'un facteur d'émission issu de la littérature [74]. A partir de 1994, la profession utilise un produit de substitution qui n'émet plus de HCB. Le facteur d'émission est donc nul à compter de 1994.

Les émissions de combustion sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2023 (tables 3.1 à 3.5) [1081].

**Figure 11 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production d'aluminium de seconde fusion**





Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
30/01/2026	YH	11/02/2026	CV

# Plomb et zinc de seconde fusion

Les activités concernées sont :

- la production de plomb de seconde fusion,
- la production de 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 (cf. section 2C relative aux procédés de la métallurgie), celui-ci a cessé son activité depuis 2021. Le plomb et le zinc de première fusion sont traités dans la section « Production de plomb et zinc de première fusion » (1A2b).

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2b
CEE-NU / NFR	1A2b
SNAPc (extension Citepa)	030307 et 030308
CE / directive IED	2.5
CE / E-PRTR	2e
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Volumes de production et consommations de combustibles	Valeurs nationales et par défaut

## Niveau de méthode :

Rang 2.

## Références utilisées :

[19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants

[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)

[53] SESSI / INSEE – Bulletin mensuel de statistique industrielle

- [70] Citepa – BOUSCAREN R. – Inventaire des émissions dans l’atmosphère de métaux lourds et composés organiques persistants en France en 1990. Août 1996
- [223] Société de l’industrie minérale – Annuaire Statistique Mondial de Minerais et Métaux
- [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
- [460] Default emission factor Handbook 2nd edition - Janvier 1992 - Commission of European community
- [623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)
- [712] A3M – Communication de données annuelles relatives à la consommation de plomb
- [714] Recytech - Communications annuelles
- [944] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023 - Chapter 1.A.2 Combustion in manufacturing industries and construction - Table 3-15
- [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 Aluminum production
- [1080] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 2C6 Zinc production
- [1081] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 1A2 Manufacturing industries

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l’IIR) :

### 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.

## Méthode générale d’estimation des émissions (commune au NID et à l’IIR) :

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.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

#### a. Plomb de seconde fusion

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustibles (cf. section générale énergie).

#### b. Zinc de seconde fusion

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

### **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

#### a. Plomb de seconde fusion

Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustibles provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

Le facteur d'émission ramené à la production varie selon le mix énergétique au cours de la période. Celui-ci est considéré identique à partir de 2010, dû au recalcul des consommations de combustibles.

#### b. Zinc de seconde fusion



Les émissions sont calculées sur la base des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustibles provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

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 Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

### Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et COVNM

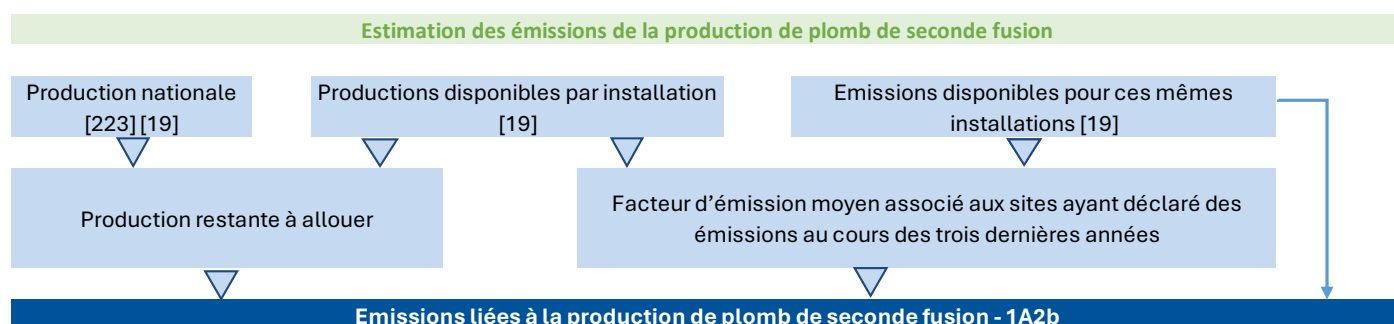
#### a. Plomb de seconde fusion

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.

**Figure 12 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de plomb de seconde fusion**



#### b. Zinc de seconde fusion

Les émissions sont issues des déclarations annuelles [19] pour un site et pour le reste de la production elles sont déterminées à partir :

- d'un facteur d'émission provenant du Guidebook EMEP/EEA pour les NO<sub>x</sub> (table 3-17) [1081] ;
- d'un facteur d'émission provenant d'un document de la Commission Européenne [460] pour les COVNM, car non estimé dans le Guidebook EMEP/EEA 2023 ;

- des consommations de combustibles [26] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie) pour le SO<sub>2</sub>. Le facteur d'émission ramené à la production varie selon le mix énergétique au cours de la période. Il est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites.

### Emissions de CO

#### a. Plomb de seconde fusion

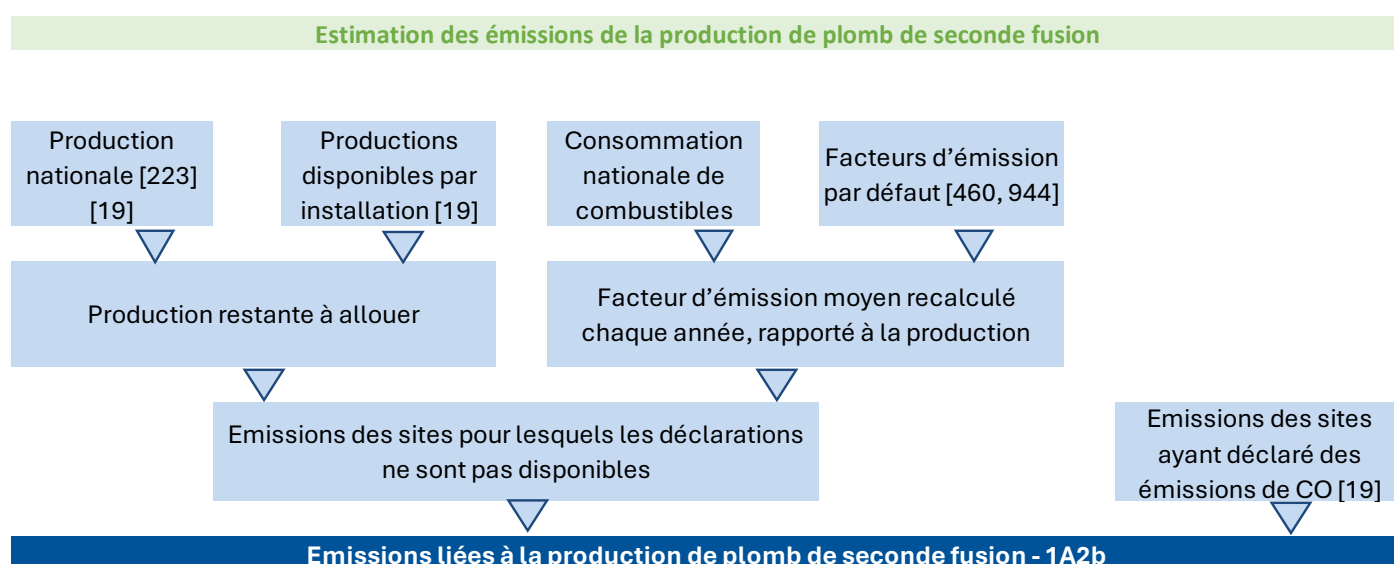
Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles sont disponibles depuis 2003 via les déclarations annuelles de polluants [19].

**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.

**Figure 13 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de plomb de seconde fusion**



#### b. Zinc de seconde fusion

Les émissions sont basées sur des facteurs d'émission par défaut provenant de la littérature et confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

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

Pour le plomb de première fusion, les émissions de particules sont calculées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19] à partir de 1998. La valeur de cette dernière année est appliquée aux années antérieures.

Pour le zinc de seconde fusion, les émissions de particules sont calculées sur la base des déclarations annuelles de rejets [19] à partir de 2004. Avant 2004, les facteurs d'émission proviennent de combinaisons de plusieurs facteurs d'émission

reportés ou issus de rapports de l'administration, en fonction des sites. Les facteurs d'émission du zinc de seconde fusion sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites.

### **Emissions de $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ 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).

### **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.

#### **a. 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.

#### **b. Zinc de seconde fusion**

Les facteurs d'émission de l'arsenic, du cadmium, du mercure, du plomb et du zinc sont confidentiels compte tenu du nombre réduit de sites. Ils proviennent de la littérature et des déclarations annuelles de rejets [19].

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

Pour le plomb de seconde fusion, les déclarations annuelles de rejets [19] permettent un suivi et un calcul annuel des facteurs d'émission depuis 2004. Le facteur d'émission de l'année 1990 provient de la littérature [70] et le facteur d'émission des années intermédiaires est interpolé.

Pour le zinc de seconde fusion, le facteur d'émission provient de la littérature et des déclarations annuelles. Il est confidentiel compte tenu du nombre réduit de sites.

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de HAP sont considérées négligeables.

### **Polychlorobiphényles (PCB)**

#### **a. Plomb de seconde fusion**

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

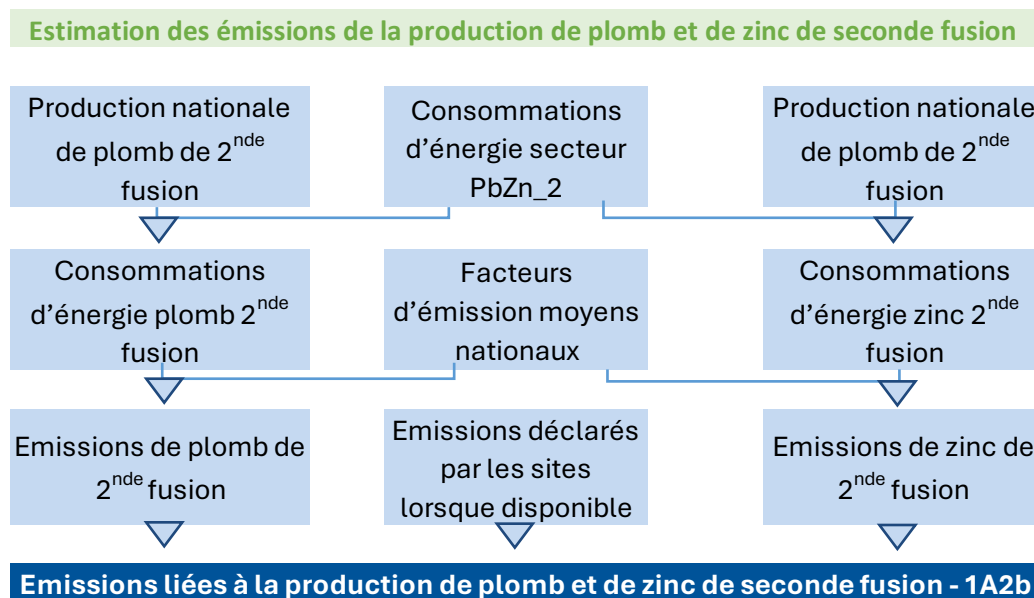
#### **b. Zinc de seconde fusion**

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

### Hexachlorobenzène (HCB)

Les émissions de HCB sont estimées à partir des consommations de combustibles et de facteurs d'émission tirés du Guidebook EMEP/EEA 2023 (tables 3.1 à 3.5) [1081].

**Figure 14 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de plomb et de zinc de seconde fusion**



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
20/01/2025	CV/GB	30/01/2025	VM

## Autres fours

Cette section concerne les émissions provenant de la combustion de certains combustibles dans les fours de vapocraquage et dans les fours réalisant la synthèse d'ammoniac et d'acide cyanhydrique. La plus grande part des émissions est prise en compte dans les sections 2B8\_ethylene propylène, 2B1\_ammonia et 2B10\_autres productions de la chimie organique.

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2c
CEE-NU / NFR	1A2c
SNAPc (extension Citepa)	030205
CE / directive IED	1.1
CE / E-PRTR	1c
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Bottom-up intégral (toutes les installations sont considérées)	Généralement spécifiques de chaque installation considérée individuellement concernant SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> et parfois NO <sub>x</sub> . Valeurs nationales ou par défaut pour les autres substances.

### Niveau de méthode :

Niveau supérieur ou égal à 2.

### Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [22] Ministère de l'Environnement – Circulaire du 24 décembre 1990
- [623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)
- [768] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, section 1.A.1 Energy industries, table 3-6 Tier 1 emission factors for source category 1.A.1.a using heavy fuel oil
- [771] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 3\_1\_Chapitre 1\_Introduction, Box 1.1
- [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

# Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

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 ( $C_nH_{2n+2}$ ) 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 de réseau dans les fours d'ammoniac :

La synthèse de l'ammoniac est réalisée par reformage à la vapeur à partir du gaz de réseau (mélange de gaz naturel et biométhane, utilisé en tant que matière première). Une partie de la consommation de gaz de réseau des fours d'ammoniac est brûlée pour apporter de la chaleur au procédé afin que la réaction chimique puisse avoir lieu. Ce sont les émissions (hors  $CO_2$ ) liées à cette consommation énergétique qui sont considérées dans cette section, celles liées à la consommation non-énergétique étant considérées en 2B1\_ammoniac. De plus, les consommations énergétiques de gaz de réseau 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 de réseau dans les fours de fabrication d'acide cyanhydrique

La synthèse de l'acide cyanhydrique est réalisée par réaction entre le gaz de réseau et l'ammoniac à température élevée ( $>1000^\circ C$ ). Une partie de la consommation de gaz de réseau 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.

# Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

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

Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, bilans, etc.) [19] permettent une estimation assez fine des émissions de la combustion pour la plupart des substances, notamment celles concourant à l'acidification et au changement climatique.

Les combustibles gazeux sont du gaz naturel (NAPFUE 301), des déchets industriels gazeux (NAPFUE 307, 308 et 314) et parfois des combustibles liquides (NAPFUE 225). Les émissions liées au gaz naturel et aux combustibles liquides sont prises en compte dans cette section mais les déchets industriels gazeux sont considérés dans la section 2B8\_éthylène propylène car il s'agit de sous-produits issus de la matière première introduite dans le vapocraqueur (naphta). Les émissions de ces sous-produits sont donc considérées dans la partie « procédés » comme le recommande les lignes directrices 2006 du GIEC [771].

## b. Combustion de gaz de réseau dans les fours d'ammoniac :

Les consommations énergétiques de gaz de réseau des vaporeformeurs sont recensées à l'aide des déclarations à partir de 2004 [19]. Avant cette période, les consommations de la production d'ammoniac sont estimées à partir des données déclarées pour l'année 2004 et des productions fournies par site.

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

Les consommations énergétiques de gaz de réseau des fours de fabrication d'acide cyanhydrique sont recensées à l'aide des déclarations à partir de 2004 [19]. Avant cette période, les consommations de la production d'acide cyanhydrique sont estimées à partir des données déclarées pour l'année 2004 et des productions fournies par site.

# Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

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

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les facteurs spécifiques déclarés par l'exploitant sont utilisés en priorité [19], notamment afin d'assurer la cohérence des données retenues pour l'inventaire avec celles déclarées au titre du SEQE, basées sur des mesures spécifiques. Lorsque l'exploitant ne donne pas de facteurs spécifiques, une moyenne du facteur d'émission par combustible et par site ou les valeurs nationales (par combustible) (cf. section générale énergie) sont appliquées.

### **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

#### **b. Combustion de gaz de réseau dans les fours d'ammoniac :**

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

Conformément aux lignes directrices du GIEC 2006 et 2019, les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation de gaz de réseau, énergétique et non énergétique, dans les vaporeformeurs, sont considérées dans la partie procédé de la production d'ammoniac, c'est-à-dire en CRT 2B1\_ammoniac.

### **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs au gaz de réseau provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion du gaz de réseau.

#### **c. Combustion de gaz de réseau dans les fours de fabrication d'acide cyanhydrique**

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

Les émissions de CO<sub>2</sub> sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les facteurs spécifiques déclarés par l'exploitant sont utilisés en priorité [19], notamment afin d'assurer la cohérence des données retenues pour l'inventaire avec celles déclarées au titre du SEQUE, basées sur des mesures spécifiques. Lorsque l'exploitant ne donne pas de facteurs spécifiques, une moyenne du facteur d'émission par combustible et par site ou les valeurs nationales (par combustible) (cf. section générale énergie) sont appliquées.

### **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible provenant des lignes directrices du GIEC 2006 [623].

### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## **Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :**

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

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

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont induites par la consommation des combustibles. Les émissions des vapocraqueurs sont le plus souvent déterminées par mesure directe et/ou à partir du bilan soufre établi sur la base des consommations de combustibles et de leurs teneurs en soufre recensées chaque année et généralement suivies en continu ou avec une



fréquence élevée [19]. Lorsqu'une valeur spécifique manque pour un paramètre donné, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.

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

Les émissions sont déterminées à partir d'une mesure ou au moyen de facteurs d'émission tirés de la littérature [22] ou de la section générale énergie.

### **Emissions de COVNM et CO**

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

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

### **Emissions de poussières totales en suspension (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>)**

Les émissions de poussières totales en suspension sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

Les émissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>1,0</sub> sont déterminées à l'aide de ratios granulométriques issus d'une combinaison de systèmes de dépoussiérage (cf. section générale énergie).

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

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

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. Combustion de gaz naturel dans les fours d'ammoniac :

**Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM et CO**

Les émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM et CO sont déterminées à partir des facteurs d'émission du gaz naturel de la section générale énergie.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> de la combustion de gaz naturel sont supposées négligeables.

**Emissions de poussières totales en suspension (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>)**

Les émissions de poussières totales en suspension sont déterminées à partir du facteur d'émission relatif au gaz naturel (cf. section générale énergie).

Dans le cas du gaz naturel, la granulométrie pour les facteurs d'émission de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> 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<sub>2,5</sub>. Ce ratio provient du guide EMEP / EEA [1232]. Le ratio retenu pour le gaz naturel est de 4%.

**Métaux lourds (ML)**

Les émissions de l'ensemble des métaux lourds sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs au gaz naturel, supposés constants au cours des années (cf. section générale énergie).

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

Les émissions de dioxines et furanes sont déterminées à partir du facteur d'émission relatif au gaz naturel (cf. section générale énergie).

**Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de HAP sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs au gaz naturel (cf. section générale énergie).

**Polychlorobiphényles (PCB)**

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

**Hexachlorobenzène (HCB)**

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

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

**Emissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, TSP, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>**

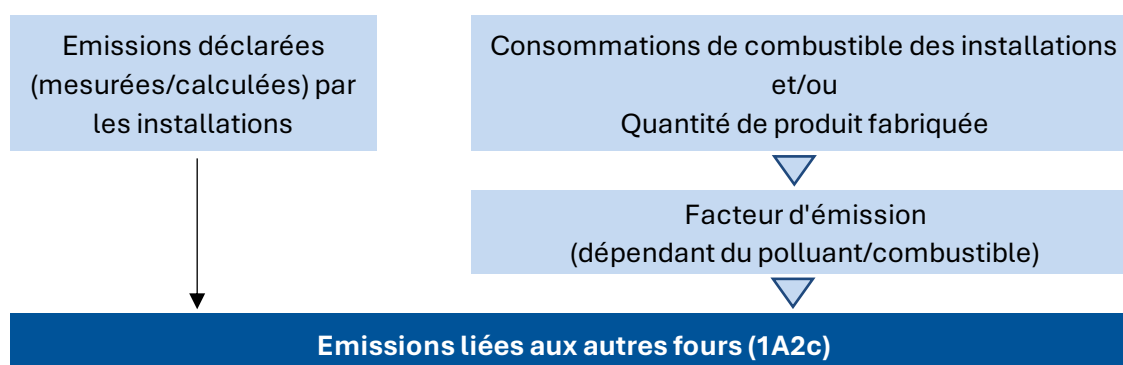
Les émissions de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CO et TSP sont déterminées à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Les émissions de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> sont déterminées à l'aide de ratios granulométriques (cf. section générale énergie).

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> liées à la combustion sont supposées négligeables.

**Figure 15 : Logigramme du processus d'estimation des émissions pour les autres fours (1A2c)**



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
16/01/2025	JC		

# Production de produits de fourrage vert déshydraté (combustion)

Ce paragraphe permet d'introduire le calcul des émissions liées à la combustion pour la production de produits de fourrage vert déshydraté.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2e
CEE-NU / NFR	1A2e
SNAPc (extension Citepa)	030326
CE / directive IED	6.4.b.ii) (traitement et transformation uniquement de matières premières végétales, avec une capacité de production supérieure à 300 tonnes de produits finis par jour ou 600 tonnes par jour lorsque l'installation fonctionne pendant une durée maximale de 90 jours consécutifs en un an)
CE / E-PRTR	8bii (d'une capacité de production de produits finis de 300 tonnes par jour (valeur moyenne sur une base trimestrielle))
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Production de produits déshydratés ou consommation énergétique du secteur	Généralement spécifiques de chaque installation considérée individuellement. Données nationales ou par défaut

## Niveau de méthode :

Rang 1, 2 ou 3 selon les polluants.

## Références utilisées :

[19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants

[67] Citepa – ALLEMAND N. - Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France. Mars 2003  
[776] Communication personnelle de la Coopération Agricole 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 2022 – Etude confidentielle

- [778] Rapport de synthèse réglementaire - Impact du pré fanage à plat sur les rejets de polluants atmosphériques des installations du secteur de la déshydratation - Etude LRD/Citepa - Juillet 2010 - ETUDE CONFIDENTIELLE
- [779] Mise à jour du facteur d'émission des COVNM des installations de déshydratation de fourrage utilisé dans le cadre de l'arrêté GEREP – Etude Citepa pour la Coopération Agricole de France - Avril 2016 - ETUDE CONFIDENTIELLE
- [780] Compte rendu du Citepa (Laëtitia SERVEAU) de la réunion dans les locaux de la Coopération Agricole de France déshydratation avec Yann MARTINET du 24 août 2016
- [781] Données communiquées par la Coopération Agricole de France déshydratation (Yann MARTINET) par mail le 20 juillet 2016
- [782] Mail reçu de la Coopération Agricole de France déshydratation (Yann MARTINET) du 24/08/2016 sur deux rapports d'essai réalisés sur les particules en termes de granulométrie - ETUDE CONFIDENTIELLE
- [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

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

La déshydratation de fourrage vert permet de produire des aliments pour animaux (ruminants mais aussi chevaux, lapins, volailles, ...).

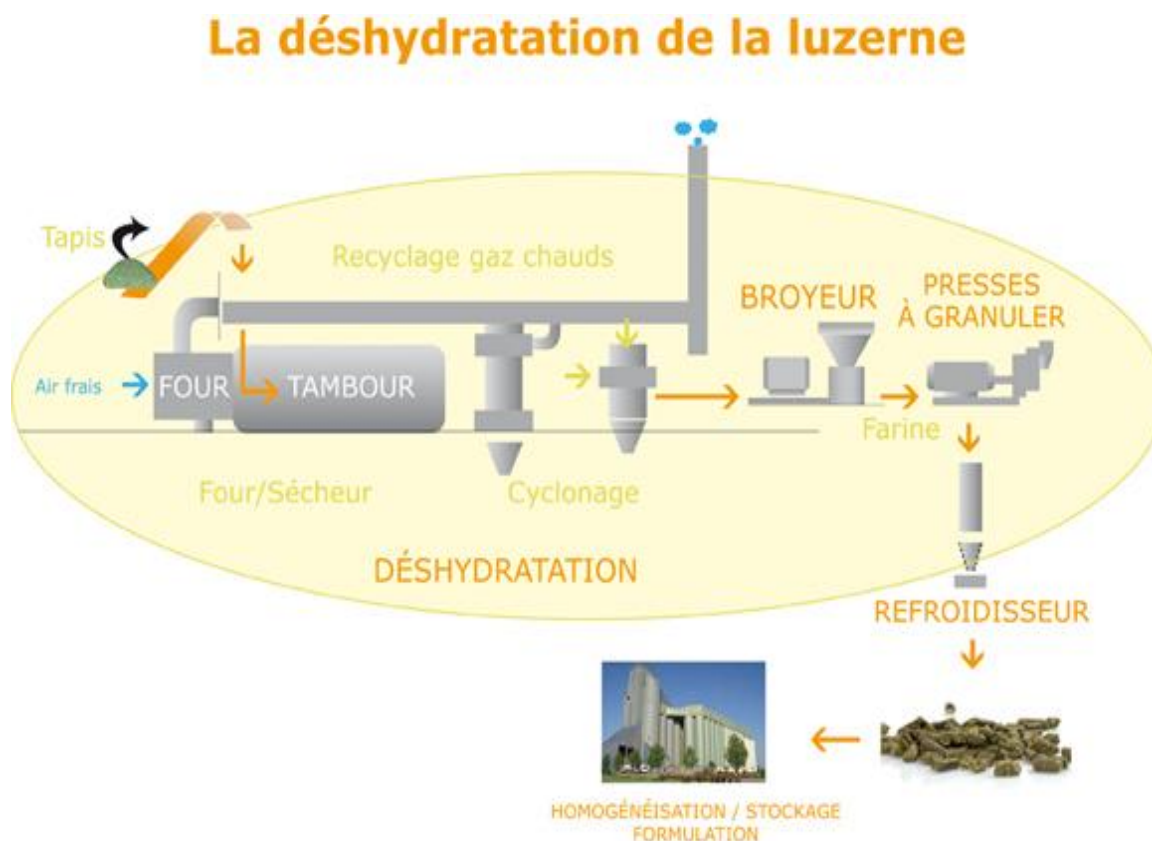
Le fourrage vert utilisé est essentiellement la luzerne puis la pulpe de betteraves et dans une moindres mesures d'autres produits. Les fourrages déshydratés se présentent sous forme de granulés ou de balles de fibres longues.

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.

Figure 16 : Processus de déshydratation de la luzerne



Source : [www.luzernes.org](http://www.luzernes.org)

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

## Méthode générale d'estimation des émissions (NID et à l'IIR) :

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

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

Pour les gaz à effet de serre ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  et  $\text{CH}_4$ ), les émissions sont calculées sur la base de la consommation d'énergie annuelle par combustible.

## Données relatives à la production

De 1990 à aujourd'hui, les données de production de fourrage vert sont des données communiquées par la fédération (La Coopération Agricole déshydratation) [776]. A partir de 2013, bien que ces données soient disponibles auprès de la coopérative, pour les sites soumis au système d'échange de quotas d'émissions les données de production proviennent des déclarations annuelles des exploitants [19], afin d'assurer une cohérence avec les consommations d'énergie.

## Données relatives aux consommations de combustible

Les données de consommation d'énergie sont connues pour les trois catégories de produits déshydratés : pulpes de betterave, luzerne et autres produits.

De 1990 à 2012, les données de consommation d'énergie par combustible et par type de produits sont communiquées par la Coopération Agricole déshydratation via une enquête annuelle qu'elle réalise [776].

A partir de 2013, même si ces données sont disponibles auprès de la Coopération Agricole déshydratation, afin d'assurer la totale cohérence avec le système quotas gaz à effet de serre, les consommations d'énergie proviennent des déclarations annuelles des industriels (la plupart des sites industriels sont soumis au système quotas mais tous les sites déclarent dans le cadre du système déclaratif E-PRTR) [19].

## Emissions de CO<sub>2</sub>

A partir de 2013, les données spécifiques d'émission de CO<sub>2</sub> disponibles par l'intermédiaire des déclarations des émissions sont utilisées, que ce soit dans le cadre du système d'échanges des quotas d'émissions (SEQUE) ou non (le même dispositif de déclaration servant au SEQUE et à l'E-PRTR) [19].

Jusqu'en 2012 inclus, les émissions de CO<sub>2</sub> sont déterminées en multipliant la consommation par combustible par le facteur d'émission moyen relatif à chaque combustible déterminé sur la base des données disponibles depuis 2013 (cf. section générale énergie et la base de données OMINEA).

## Emissions de CH<sub>4</sub>

Pour toutes les années, les émissions de CH<sub>4</sub> sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie et la base de données OMINEA).

## Emissions de N<sub>2</sub>O

Pour toutes les années, les émissions de N<sub>2</sub>O sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie et la base de données OMINEA).

## Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

# Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

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

Lors de la combustion, les oxydes de soufre sont en partie fixés par les produits de fourrage vert et non émis à l'atmosphère, selon une étude de la profession [777]. La Coopération Agricole déshydratation/LRD ont développé une méthode

d'estimation des émissions de SO<sub>x</sub> faisant intervenir un facteur d'émission commun à tous les combustibles, affecté d'un facteur d'absorption (FA) spécifique au produit déshydraté [777].

Sur l'ensemble de la période, les émissions de SO<sub>2</sub> 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 chaque combustible :

$$\text{Emissions SO}_{2, \text{produit}} (\text{t}) = \text{consommation combustible}_{\text{produit}} (\text{GJ}) \times \text{facteur d'émission national SO}_2 (\text{g/GJ}) \times \text{FA}_{\text{produit}} (\%)$$

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] :

$$\text{Consommation combustible}_{\text{produit}} (\text{GJ}) = \text{Consommation combustible}_{\text{totale}} (\text{GJ}) \times \text{Production}_{\text{produit}} (\text{t}) / \text{Production}_{\text{totale}} (\text{t})$$

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

Lors de la combustion, les oxydes d'azote sont en partie fixés par les produits de fourrage vert et non émis à l'atmosphère, selon une étude de la profession [777].

La Coopération Agricole déshydratation/LRD ont développé une méthode d'estimation des émissions de NO<sub>x</sub> faisant intervenir un facteur d'émission commun à tous les combustibles, affecté d'un facteur d'absorption (FA) spécifique au produit déshydraté [777].

Sur l'ensemble de la période, les émissions de NO<sub>x</sub> 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 :

$$\text{Emissions NO}_x (\text{t})_{\text{produit}} = \text{consommation combustible (GJ)}_{\text{produit}} \times \text{facteur d'émission national NO}_x (\text{g/GJ}) \times \text{FA}_{\text{produit}} (\%)$$

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] :

$$\text{Consommation combustible}_{\text{produit}} (\text{GJ}) = \text{Consommation combustible}_{\text{totale}} (\text{GJ}) \times \text{Production}_{\text{produit}} (\text{t}) / \text{Production}_{\text{totale}} (\text{t})$$

### **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 pré fanage à plat dans les champs qui permet de diminuer les émissions de COVNM. En outre, l'accroissement du taux de matière sèche due au pré fanage 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 pré fanage à plat n'était pas mise en œuvre. L'étude réalisée en 2010 par le Citepa pour le compte de la Coopération Agricole France/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 pré fanage à plat.

#### Période après 2012

Après 2012, la technique du pré fanage à plat est généralisée sur l'ensemble des exploitations. L'étude réalisée en 2022 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 pré fanage à plat. Le facteur d'émission retenu pour les COVNM est égal à 0,5 kg/t.

#### Période intermédiaire entre 2009-2011

Sur la période 2009-2011, une interpolation linéaire du facteur d'émission de COVNM est appliquée.

### **Emissions de CO**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CO sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

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

D'après l'étude faite par le Citepa pour la Coopération Agricole de France déshydratation/LRD [777], il est supposé que s'il existe, le niveau d'émission de NH<sub>3</sub> est faible, sauf pour la biomasse.

A partir de 2021, et sur l'ensemble de la période, les émissions de NH<sub>3</sub> sont estimées pour la biomasse en multipliant la consommation du combustible par le facteur d'émission par défaut issu du guide EMEP/EEA 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/m<sup>3</sup>.

Depuis 1997, il s'agit d'un mix filtre à manche et cyclone sur les sites industriels.

De plus, actuellement, le niveau respecté par les industriels en termes de particules est de 150 mg/m<sup>3</sup> [780].

- Ainsi, la méthode retenue est la suivante :
- de 1990 à 1997, on retient le fait que les concentrations respectaient la valeur de 400 mg/m<sup>3</sup>. En 2015 (émission retenue correspond aux émissions déclarées par les industriels [19]), le niveau respecté est de 150 mg/m<sup>3</sup>, on recalcule le facteur d'émission pour la période 1990-1997.
- de 1998 à 2002, on applique une décroissance linéaire sur le facteur d'émission car les sites se sont équipés au fur et à mesure de technique de réduction.
- depuis 2003, on utilise les déclarations individuelles GEREP [19]. 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<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

La Coopération Agricole France déshydratation a réalisé deux rapports d'essai sur la granulométrie des 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 7 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production de produits de fourrage vert déshydraté (combustion)**

<i>Tranche granulométrique</i>	<i>% répartition des TSP</i>
PM <sub>10</sub>	26
PM <sub>2,5</sub>	6
PM <sub>1,0</sub>	0,7

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

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

Les émissions de black carbon ne sont pas estimées actuellement, du fait du manque de données pour quantifier les émissions spécifiques à cette activité.

#### ***Métaux lourds (ML)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de chacun des métaux lourds sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

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

Sur l'ensemble de la période, les émissions de PCDD-F sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de chacun des HAP pris en compte dans le cadre de la CEE-NU et de la directive NEC sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de PCB sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HCB sont estimées en multipliant la consommation par combustible par les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
09/02/2026	AT	29/01/2023	JV

# Production de ciment (combustion)

Ce paragraphe permet d'introduire le calcul des émissions liées à la combustion pour la production de ciment.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2f
CEE-NU / NFR	1A2f
SNAPc (extension Citepa)	030311
CE / directive IED	3.1 (installations avec des fours rotatifs de capacité de production supérieure à 500 tonnes par jour)
CE / E-PRTR	3ci et iii
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Production de clinker ou consommation énergétique du secteur	Généralement spécifiques de chaque installation considérée individuellement. Valeurs nationales pour certaines années.

## Niveau de méthode :

Rang GIEC 2 ou 3 pour le CO<sub>2</sub> selon les années et du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

Rang GIEC 1 pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O.

## Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [28] ATILH – Statistiques énergétiques annuelles de la profession cimentière
- [218] SFIC (Syndicat Français de l'Industrie Cimentière) – données annuelles de production de clinker
- [273] ATILH – Communication spécifique relative aux facteurs d'émission de métaux lourds et de particules, août 2006
- [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
- [399] ATILH – données internes communiquées le 28 octobre 2005 relatives à l'estimation du facteur d'émission de NH<sub>3</sub> dans les cimenteries

[754] US EPA - AP 42 - 5<sup>ème</sup> édition, Volume 1 - Chapter 11.6: Portland cement manufacturing

[1064] EMEP/EEA air pollutant emissions inventory guidebook 2023, section 2A1 Cement production – table 3.1

[1065] EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook - table 3-24 - cement production - 1A2, Edition 2023

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

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".
- La 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 2 000°C et la température des matières de 1 450°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 données relatives à la production de ciment proviennent de communications de l'ATILH, qui fait partie du Syndicat Français de l'Industrie du Ciment [218].

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 [218] ;
- 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 (SEQUE-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.

## Méthode générale d'estimation des émissions (NID et à l'IIR) :

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

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

Pour les gaz à effet de serre ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  et  $\text{CH}_4$ ), les émissions sont calculées sur la base de la consommation d'énergie annuelle par combustible.

De 1990 à 2004, la consommation par combustible pour l'ensemble du secteur provient de la profession (ATILH) [28].

A partir de 2005, afin d'assurer la cohérence avec le système d'échange de quotas d'émission, les consommations par combustible pour l'ensemble de la profession proviennent des déclarations annuelles des industriels [19].

### **Emissions de $\text{CO}_2$**

A partir de 2005, les données spécifiques d'émission de  $\text{CO}_2$  disponibles par l'intermédiaire des déclarations des émissions sont utilisées que ce soit dans le cadre du système d'échanges des quotas d'émissions (SEQUE) ou non (le même dispositif de déclaration servant au SEQUE et à l'E-PRTR) [19].

Jusqu'en 2004 inclus, les émissions de  $\text{CO}_2$  sont déterminées au moyen de facteurs d'émission relatifs à chaque combustible qui correspondent à la moyenne des facteurs d'émission par combustible déterminés, sur la période 2005-2012 (1<sup>ère</sup> période du SEQUE), à partir des déclarations des émissions par combustible [19].

### **Emissions de $\text{CH}_4$**

Pour toutes les années, les émissions de  $\text{CH}_4$  sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

### **Emissions de $\text{N}_2\text{O}$**

Pour toutes les années, les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

Pour les polluants hors gaz à effet de serre, 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 $\text{SO}_2$**

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<sub>2</sub> des installations sont donc déterminées par mesure directe [19].

La méthodologie de calcul des émissions de SO<sub>2</sub> pour le secteur des cimenteries est la suivante :

- Depuis 1994, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO<sub>2</sub> de l'ensemble des installations de production de ciment. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.
- Avant 1994, le plus ancien facteur d'émission estimé sur une base individuelle est relatif à l'année 1994 (FE 94r). Cette même année, le facteur d'émission déduit des combustibles utilisés a été estimé à partir des consommations nationales et des facteurs d'émission nationaux associés (cf. section générale énergie) (FE 94c). Ces données sont rapprochées de la production nationale. Le facteur d'émission relatif à une année N (FE Nr) est déterminé selon la formule suivante à partir du facteur d'émission déduit des combustibles cette même année (FE Nc) :

$$FE\ Nr = (FE\ 94r / FE\ 94c) \times FE\ Nc$$

Les fluctuations du facteur d'émission sont liées à la variation de la teneur en soufre des matières premières, en particulier l'argile, et des combustibles utilisés. La présence sur certaines installations de dispositifs d'abatement des SO<sub>x</sub> explique la tendance à la réduction des émissions sur la période.

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

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 NO<sub>x</sub> de l'ensemble des installations de production de ciment. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.
- Avant 1994, le 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 NO<sub>x</sub> (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 [1303].
- Avant 2002, le facteur d'émission utilisé correspond à celui déterminé pour l'année 2002.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> proviennent de l'azote contenu dans les combustibles ou dans la matière première ainsi que des éventuelles fuites liées à l'utilisation des techniques d'abattement des NOx mises en place.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est celui proposé par l'ATILH [399], fixé à 19 g/t clinker.

A partir de 2004, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de l'ensemble des cimenteries [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur manque, le facteur d'émission retenu est celui fourni par l'ATILH (cf. ci-dessus).

L'augmentation sur le facteur d'émission résulte de la mise en œuvre progressive depuis 2006 de dispositifs de traitement secondaire des NOx.

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

Le facteur d'émission est évolutif depuis 1990. En effet, la mise en place progressive de techniques de dépoussiérage (électrofiltre, filtre à manches) et de procédures d'entretien (entretien des manches en particulier) dans le secteur des cimenteries a permis de réduire les émissions de particules.

A compter de 2001, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de l'ensemble des installations de production de ciment [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente est reportée ou une valeur d'une installation analogue est utilisée.

Avant 2001, des facteurs d'émission communiqués par la profession ont été utilisés [273].

Certaines fluctuations récentes du facteur d'émission s'expliquent par des dysfonctionnements de certains équipements sur un ou deux sites tels que : fonctionnement non optimal de l'électrofiltre d'un refroidisseur, fuite sur un filtre broyeur difficile à repérer et à réparer ainsi qu'un mauvais fonctionnement de filtres révisés lors d'un arrêt annuel.

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

Des ratios exprimés par rapport aux particules totales sont utilisés [301].

Les ratios appliqués aux facteurs d'émission des particules totales, quelle que soit l'année considérée, sont les suivants :

**Tableau 8 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production de ciment (combustion)**

<i>Tranche granulométrique</i>	<i>% répartition des TSP</i>
PM <sub>10</sub>	90
PM <sub>2,5</sub>	70
PM <sub>1,0</sub>	59,5

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

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



Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ . Les émissions de BC représentent 3% des émissions de  $PM_{2,5}$  [1064].

### **Métaux lourds (ML)**

A partir de 2003, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de l'ensemble des installations de production de ciment [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente est reportée ou une valeur moyenne déduite des autres installations est utilisée.

Avant 2003, des facteurs d'émission communiqués par la profession ont été utilisés [273].

Pour le sélénium, un facteur d'émission constant est utilisé pour toutes les années [1065].

Les métaux lourds sont principalement introduits dans le procédé par les déchets recyclés, utilisés soit comme correcteur chimique, soit comme substitution à des combustibles classiques. La nature et la composition des produits recyclés peuvent varier très significativement d'une année à l'autre, ce qui explique les fluctuations observées.

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

De 1990 à 1996, le facteur d'émission est une valeur moyenne communiquée par la profession [300]. A partir de 2003, les émissions sont déterminées sur la base des déclarations annuelles des rejets [19]. De 1997 à 2002, les valeurs sont interpolées car la réduction s'est faite progressivement.

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les facteurs d'émission sont documentés pour les composés pris en compte dans le cadre de la CEE-NU et de la directive NEC [754]. Les valeurs retenues sont appliquées uniformément sur l'ensemble de la période étudiée.

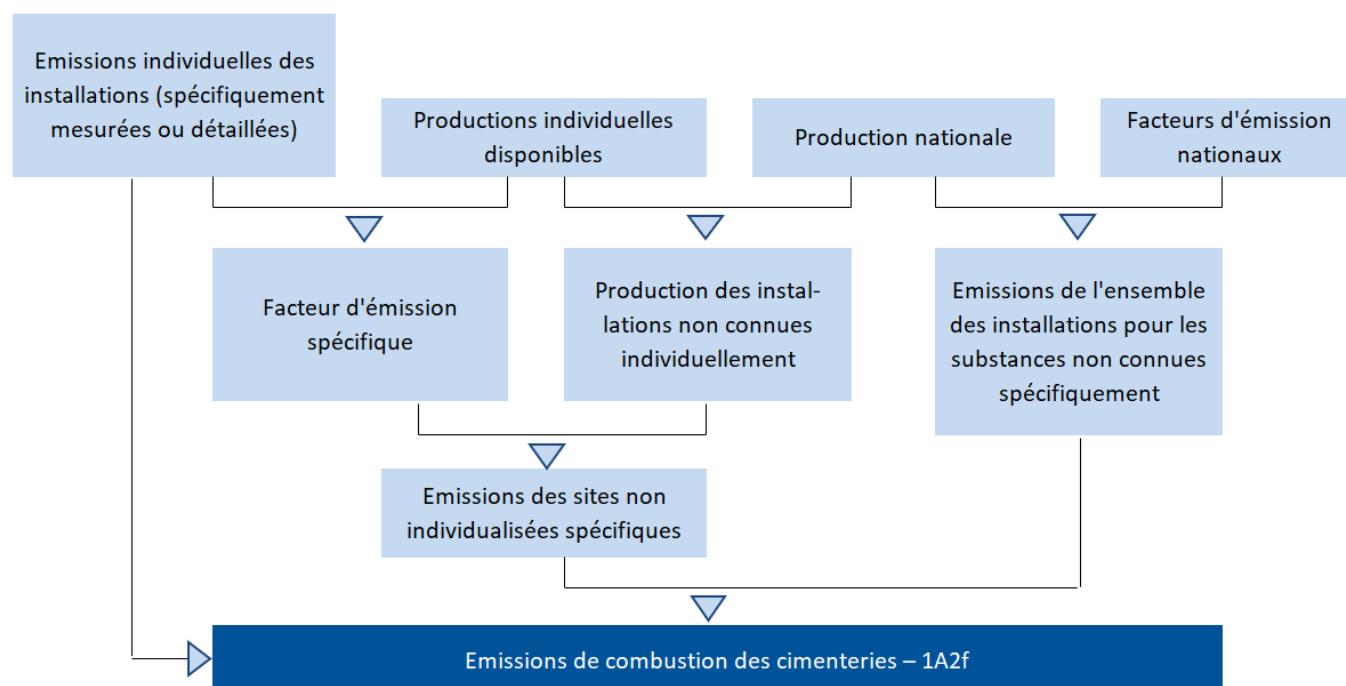
### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions sont déterminées à partir d'un facteur d'émission des PCB identique pour toutes les années [1065].

### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions sont déterminées à partir d'un facteur d'émission des HCB identique pour toutes les années [1065].

**Figure 17 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de ciment (combustion) - cas des polluants hors GES**



**Figure 18 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de ciment (combustion) - cas du N<sub>2</sub>O et du CH<sub>4</sub>**

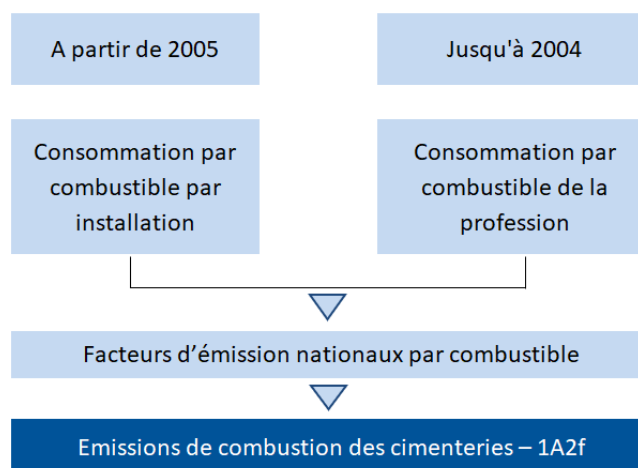
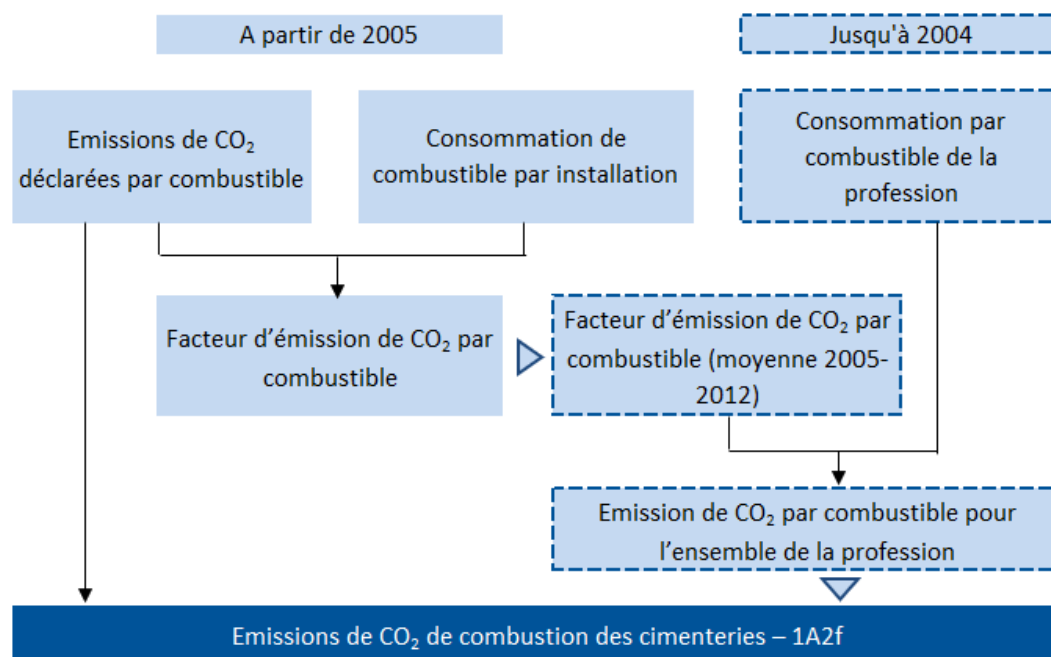


Figure 19 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de ciment (combustion) - cas du CO<sub>2</sub>



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
16/01/2026	JC	11/02/2026	CV

## Production d'email (combustion)

Ce paragraphe permet d'introduire la méthodologie mise en œuvre pour déterminer les émissions liées à la combustion dans le secteur de la production d'email.

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2f
CEE-NU / NFR	1A2f
SNAPc (extension Citepa)	030325
CE / directive IED	3.4
CE / E-PRTR	3f
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Bottom-up intégral (toutes les installations sont considérées individuellement)	Généralement spécifiques de chaque installation considérée individuellement

### Niveau de méthode :

Rang 2 ou 3 pour le CO<sub>2</sub> selon les années du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

Rang GIEC 1 pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O.

### Références utilisées :

[19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants

[50] Données communiquées directement par les exploitants au Citepa

[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

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

Cette section concerne uniquement les émissions provenant de la combustion dans les sites de production d'émail.

Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au phénomène de décarbonatation dans les installations de production d'émail sont présentées dans la section relative aux procédés industriels.

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.

De plus, 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.

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

Les émissions déterminées dans cette section sont celles provenant de la consommation de combustibles pour alimenter les fours et éventuellement celles provenant des produits utilisés ou ajoutés.

Compte tenu du nombre restreint d'installations concernées, les facteurs d'émission ne sont pas communiqués dans la base de données OMINEA.

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.

# Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions 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 CH<sub>4</sub>**

Les émissions nationales sont estimées à partir des consommations de combustibles déclarées par les sites [19] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

## **Emissions de N<sub>2</sub>O**

Les émissions nationales sont estimées à partir des consommations de combustibles déclarées par les sites [19] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

## **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

# Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

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

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO<sub>2</sub> des installations de production d'émail [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

Les émissions proviennent très majoritairement de l'apport de soufre contenu dans les matières premières.

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

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de NO<sub>x</sub> des installations de production d'émail [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

Les émissions de NO<sub>x</sub> proviennent majoritairement des matières premières utilisées chargées en nitrates.

## **Emissions de COVNM**

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de COVNM des installations de production d'émail [19]. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

### Emissions de CO

Un facteur d'émission déterminé à partir des déclarations annuelles de CO [19] relatif à l'année 2002 est appliqué sur toute la période.

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

Compte tenu des déclarations annuelles [19], il n'est pas attendu d'émission significative de NH<sub>3</sub> par les installations de production d'email.

### 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'email. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la valeur de l'année précédente est reportée ou un facteur d'émission moyen est utilisé.

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

A partir de quelques résultats de mesure [19], un ratio pour les PM<sub>10</sub>, exprimé par rapport aux particules totales, est déterminé puis appliqué pour chaque année aux émissions totales de particules en suspension.

Selon le Guidebook EMEP/EEA 2023 (table 3.3) [1232] le facteur d'émission des PM<sub>2,5</sub> est le même que celui des PM<sub>10</sub> dans le cas de la consommation de gaz naturel comme combustible.

Faute de données disponibles dans la littérature, il est fait l'hypothèse que le ratio des PM<sub>1,0</sub> est le même que celui des PM<sub>2,5</sub>.

**Tableau 9 : Ratios applicables aux facteurs d'émission des particules totales pour la production d'email (combustion)**

Tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM <sub>10</sub>	46
PM <sub>2,5</sub>	46
PM <sub>1,0</sub>	46

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

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

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les émissions de BC représentent 4% des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Cette valeur est fournie dans le Guidebook EMEP 2023 [1232].

### Métaux lourds (ML)

Pour tous les métaux lourds, les émissions sont mesurées ponctuellement et déclarées à l'administration pour chaque installation [19], sauf pour le sélénium.

Les émissions nationales correspondent à la somme des émissions des installations de production d'email. Toutefois, lorsqu'une valeur d'émission spécifique manque, la dernière valeur disponible du facteur d'émission du site concerné (sur la base des données déclarées) est appliquée.

Les émissions de sélénium communiquées directement par les exploitants [50] sont utilisées à partir de 2011 et, pour les autres sites, les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission moyen déterminé sur les années connues à partir des données de production communiquées sur le secteur. Avant 2011, cette valeur est recalculée à partir des productions d'email historiques fournies par les exploitants et de la tendance de variation des émissions de TSP afin de prendre en compte la mise en place d'équipements d'atténuation des poussières. Les émissions de sélénium sont également estimées à partir des consommations de combustibles des sites [19] et des facteurs d'émission nationaux relatifs aux métaux lourds (cf. section générale énergie).

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

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

### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les facteurs d'émission relatifs aux autres HAP sont également fournis (BaA, BghiPe, BahA et FluorA).

Les émissions nationales pour chacun des 8 HAP sont estimées à partir des consommations de combustibles déclarées par les sites [19] et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

Compte tenu du type de combustible utilisé par les producteurs d'email, il n'est pas attendu d'émission de PCB.

### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Compte tenu du type de combustible utilisé par les producteurs d'email, il n'est pas attendu d'émission de HCB.



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
29/01/2026	SU	11/02/2026	CV

# Production de céramiques fines

Cette section concerne uniquement les émissions provenant de la combustion dans les installations de production de céramiques fines. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au phénomène de décarbonatation dans les installations de production de céramiques fines sont traitées dans la section relative aux procédés industriels.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1.A.2.f
CEE-NU / NFR	1.A.2.f
SNAPc (extension Citepa)	03.03.20
CE / directive IED	3.5 (installations de capacité de production supérieure à 75 tonnes par jour et/ou de capacité de four de plus de 4m <sup>3</sup> et d'une densité d'enfournement de plus de 300 kg/m <sup>3</sup> par four)
CE / E-PRTR	3g
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Production nationale de céramiques fines et consommations de combustibles du secteur	Données spécifiques à chaque installation, facteurs d'émission nationaux et par défaut

## Niveau de méthode :

Rang GIEC 2 ou 3 selon les années pour le CO<sub>2</sub> et les autres polluants atmosphériques, du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

Rang GIEC 1 pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O.

## Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [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)
- [42] OFEFP - Coefficients d'émission des sources stationnaires, éditions 1995 et 2000
- [183] Citepa – IER – Study on particulate matter emissions : particle size distribution chemical composition and temporal profiles – Interreg III for ASPA, January 2005
- [251] Confédération des Industries céramiques de France – Chiffres clés de la profession - statistiques annuelles (confidentielles)

[623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)

[1064] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 – Chapter 2A1 – Section 3.2.2 Default emission factors – Table 3.1

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

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.

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

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

Avant 2011, la consommation nationale de combustibles provenait de la publication de l'EACEI [26]. Depuis 2011, cette consommation nationale n'est plus disponible. Un ratio énergétique de la consommation de combustibles par tonne de produit est déterminé chaque année à partir des sites déclarants. Ce ratio est ensuite appliqué à la production nationale [251]. La répartition des consommations par combustible est ensuite effectuée, proportionnellement à celle de l'année précédente.

## Méthode générale d'estimation des émissions (spécifique NID) :

Les émissions sont calculées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par combustible associés.

## Méthode générale d'estimation des émissions (spécifique IIR) :

Différentes méthodes d'estimation des émissions peuvent être utilisées, en fonction du polluant concerné : émissions déclarées directement [19], émissions calculées à partir de la consommation de combustibles ou de la production nationale.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CO<sub>2</sub> sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Ces émissions peuvent être ramenées, au niveau national, soit à la consommation d'énergie, soit à la production nationale.

### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CH<sub>4</sub> sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut tirés du GIEC 2006 [623], relatifs à chaque combustible.

### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de N<sub>2</sub>O sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut tirés du GIEC 2006 [623], relatifs à chaque combustible.

### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

Deux méthodes distinctes sont utilisées pour estimer les émissions de polluants :

- **Emissions déclarées** directement, via les déclarations annuelles de polluants [19] ;
- **Emissions calculées**, soit :

- à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie) appliqués à la consommation de combustibles ; soit
- à partir de facteurs d'émission moyens recalculés, appliqués à la production.

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

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont induites, d'une part, par les combustibles et, d'autre part, par l'apport de matières premières. Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de SO<sub>2</sub> via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen relatif aux émissions induites par la matière première est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de SO<sub>2</sub>, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Les émissions induites par la consommation de combustibles sont quant à elles recalculées à partir du solde de la consommation nationale et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).
- Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

Avant 2004, les émissions provenant des combustibles sont calculées à partir des consommations de combustibles du secteur et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Les émissions induites par la matière première sont calculées en multipliant la production nationale par le facteur d'émission moyen relatif à la matière première déterminé à partir des déclarations annuelles de polluants des années 2004 à 2006. Un facteur d'émission moyen au niveau national est également recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

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

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de NO<sub>x</sub> via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de NO<sub>x</sub>, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, les émissions nationales sont estimées en utilisant le facteur d'émission moyen déterminé en 2004, la variabilité des émissions étant supposée au moins égale aux évolutions a priori limitées du procédé au cours de la période démarrant en 1990.

### **Emissions de COVNM**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de COVNM via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de COVNM, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, les émissions nationales sont estimées en appliquant le facteur d'émission issu de l'OFEFP [42] à la production nationale.

### **Emissions de CO**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de CO via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de CO, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, les émissions nationales sont estimées en appliquant le facteur d'émission issu de l'OFEFP [42] à la production nationale.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

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

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de TSP via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de TSP, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, les émissions nationales sont estimées en appliquant le facteur d'émission moyen déterminé en 2004.

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

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont calculées en utilisant des ratios exprimés par rapport aux particules totales [183].

Les émissions de PM<sub>1,0</sub> sont estimées en faisant l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que celui des PM<sub>2,5</sub>.

Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

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

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub> ou PM<sub>10</sub>. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Il a été fait l'hypothèse que le ratio pour la production de céramique est le même que celui pour la production de ciment [1064].

### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de certains métaux lourds proviennent, d'une part, de l'utilisation de combustibles et, d'autre part, des éléments contenus dans la matière première. Pour d'autres métaux lourds, les émissions ne proviennent que de la combustion.

Chaque année, depuis 2004, les émissions déclarées pour certains sites via les déclarations annuelles de polluants [19] sont utilisées pour déterminer un facteur d'émission moyen induit par la matière première. Ce facteur d'émission moyen est ensuite appliqué à la production nationale [251] pour chaque année depuis 1990. Pour les émissions induites par la combustion, les facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie) sont appliqués à la consommation nationale.

Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

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

Sur l'ensemble de la période, les émissions de dioxines et furanes sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HAP de chacun des composés (BaP, BkF, BbF, IndPy, BghiPe, BaA, BahA, FluorA) sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Des facteurs d'émission moyens au niveau national sont recalculés chaque année, à partir des émissions totales des polluants, ramenées à la production nationale.

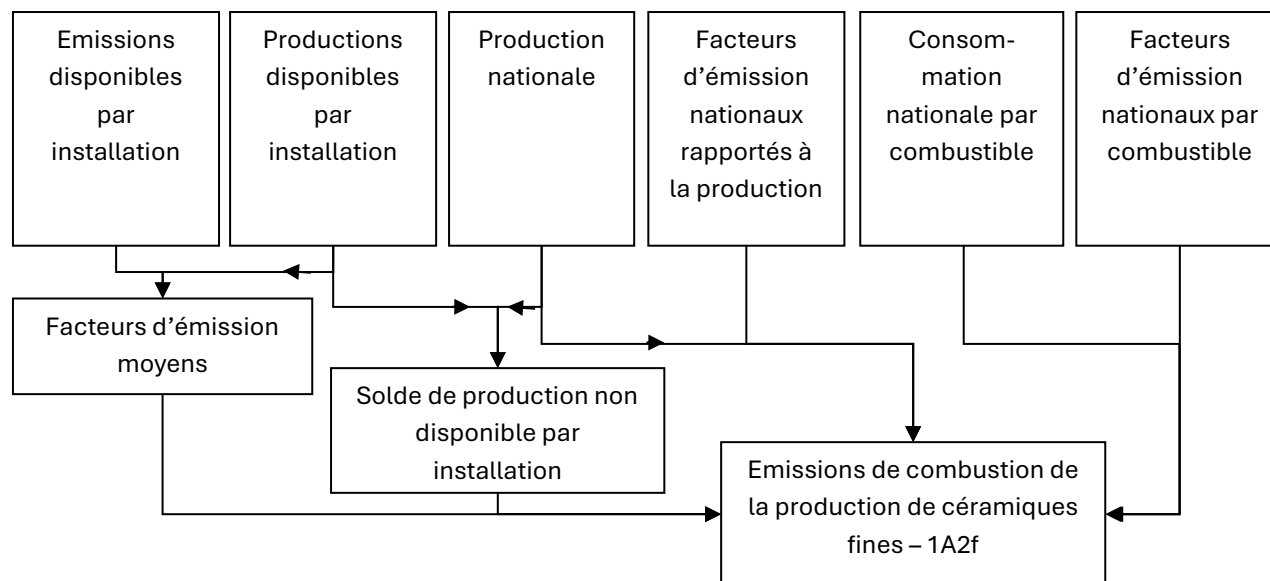
### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de PCB sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HCB sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

Figure 20 : Logigramme du processus d'estimation des émissions relatif à la production de céramiques fines



Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
10/02/2026	MC	11/02/2026	CV

## Production de verre (combustion)

Ce paragraphe permet d'introduire la méthode de calcul des émissions liées à la combustion dans le secteur de la production de verre.

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2f
CEE-NU / NFR	1A2f
SNAPc (extension Citepa)	030314 ; 030315 ; 030316 ; 030317 ; 030318
CE / directive IED	3.3 (installations de capacité de production supérieure à 20 tonnes par jour) et 3.4
CE / E-PRTR	3 <sup>e</sup>
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Production nationale (statistique ou données industrielles par type de verre) pour les polluants hors gaz à effet de serre Consommation énergétique par combustible pour les gaz à effet de serre (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O)	Généralement spécifiques de chaque installation considérée individuellement pour tous les polluants. Report de valeurs nationales pour certaines années.

### Niveau de méthode :

Rang 2 ou 3 pour le CO<sub>2</sub> du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

Rang GIEC 1 pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O.

### Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [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)
- [53] SESSI / INSEE– Production industrielle – Bulletin mensuel de statistique industrielle
- [240] Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre - données communiquées au Citepa
- [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
- [457] Fédération des industries du verre – Rapport d'activité annuel



[1066] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, section 2A3 Glass Production, tables 3.2 à 3.5

[1069] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, section 2A3 Glass Production, table 3.1

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

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 gobeletterie et les bocaliers. 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.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

Pour quantifier les gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O et CH<sub>4</sub>), les consommations énergétiques par combustible sont utilisées.

Pour les différentes catégories, les sources de données utilisées pour déterminer les consommations par combustible sont les suivantes :

- à partir de 2005, les consommations proviennent des données individuelles des sites à partir des déclarations (approche site par site) [19].
- de 1990 à 2004, les consommations totales de l'ensemble des activités verrières hors laine de roche (code NCE E22 fourni par le SESSI [26]) sont connues. Afin de répartir les consommations par catégorie, les ratios déterminés en 2005 par catégorie sur la base des données individuelles sont appliqués à la consommation totale annuelle de 1990 à 2004.

### Emissions de CO<sub>2</sub>

La méthodologie mise en œuvre est appliquée à l'ensemble de la production de verre. Elle est présentée sur le schéma ci-après.

A partir de 2005, les émissions par combustible et par installation sont directement connues via les déclarations annuelles [19]. A partir des consommations par combustible, un facteur d'émission par combustible est déterminé par année.

Pour les années antérieures à 2005, un facteur d'émission moyen est déterminé sur la période 2005-2012 par combustible et par type de verre. Il est ensuite appliqué aux consommations par combustible et par type de verre pour calculer les émissions de CO<sub>2</sub>.

Les émissions ainsi obtenues par année et par combustible sont sommées pour estimer les émissions de CO<sub>2</sub> totales annuelles.

#### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

Pour toutes les années et quel que soit le type de verre produit, les émissions de CH<sub>4</sub> sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, appliqués uniformément à toutes les installations et présentés en section générale énergie.

#### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

Pour toutes les années et quel que soit le type de verre produit, les émissions de N<sub>2</sub>O sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible, appliqués uniformément à toutes les installations et présentés en section générale énergie.

#### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

Selon les polluants, les produits et la période, différentes approches méthodologiques sont mises en œuvre :

**Approche A :** les émissions nationales correspondent à la somme, d'une part, des émissions des sites qui déclarent annuellement leurs rejets [19] et, d'autre part, des émissions calculées des sites pour lesquels les émissions ne sont pas directement disponibles (le calcul est alors basé sur l'utilisation de données des sites connus et/ou des reports de l'année précédente).

**Approche B :** les émissions sont déterminées comme étant égales au produit de l'activité par un facteur d'émission. Ce facteur est établi pour une année particulière pour laquelle des données ont permis de le déterminer.

**Autres approches :** les émissions sont déterminées par un autre moyen (facteur d'émission de la littérature, etc.).

Les approches mises en œuvre sont précisées au cas par cas dans les paragraphes ci-après.

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

Les émissions de SO<sub>2</sub> des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, peuvent être déterminées par bilan matière ou par mesure [19].

**Tableau 10 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de SO<sub>2</sub> relatives à la production de verre.**

Code SNAP	Type de produit	Période	Approche méthodologique
030314	Verre plat	Depuis 1993	A

Code SNAP	Type de produit	Période	Approche méthodologique
		Avant 1993	B base 1993
030315	Verre creux	Depuis 1993	A
		Avant 1993	B base 1993
030316	Fibre de verre	Depuis 1993	A
		Avant 1993	B base 1993
030317	Verre technique	Depuis 1994	A
		Avant 1994	B base 1994
030318	Laine de roche	Depuis 1994	A
		Avant 1994	B base 1994

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

Les émissions déclarées de NO<sub>x</sub> des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, sont déterminées par mesure.

Les mêmes approches méthodologiques par type de verre que pour le SO<sub>2</sub> sont mises en œuvre.

#### **Emissions de COVNM**

Les émissions déclarées de COVNM des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, sont déterminées par mesure.

En fonction du type de verre et de l'année, différentes approches méthodologiques sont mises en œuvre.

**Tableau 11 : 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 (cf. section relative au code CRT 3D)
030317	Verre technique	Toutes les années	Facteur d'émission de la littérature [407]
030318	Laine de roche	Depuis 2002	A
		Avant 2002	B base 2002

#### **Emissions de CO**

Les émissions déclarées de CO des installations de production de verre, quel que soit le type de verre produit, sont déterminées par mesure.

En fonction du type de verre et de l'année, différentes méthodologies sont mises en œuvre.

**Tableau 12 : 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<sub>3</sub>**

Les émissions de NH<sub>3</sub> des verreries ne sont produites que par certaines fabrications de verre, en particulier lors de la fabrication de produits isolants (laine de verre et laine de roche). Ces émissions ne sont pas induites par la fusion du verre mais lors de la fabrication de la fibre. En effet, ces émissions proviennent des liants et des encollages qui se dégradent au fibrage et en étuve de polymérisation.

Les facteurs d'émission ont été déterminés à partir des données disponibles dans les déclarations annuelles des émissions à partir de 2004 [19] puis, pour les années suivantes, le facteur d'émission relatif à l'année 2004 est appliqué uniformément à toutes les années antérieures.

Attention, les facteurs d'émission présentés dans la base de données OMINEA sont des facteurs d'émission rapportés à **l'ensemble de la production nationale même si tous les sites ne sont pas émetteurs**.

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

Les différentes méthodologies mises en œuvre sont les suivantes :

- **M1.** Les émissions déclarées sont utilisées [19] et, pour les autres sites, les émissions sont déterminées au moyen d'un facteur d'émission moyen par année estimé à partir des déclarations.
- **M2.** Les facteurs d'émission utilisés proviennent de la profession [240].
- **M6.** Les émissions sont déterminées à partir d'une interpolation linéaire entre deux années dont les facteurs d'émission sont connus.

**Tableau 13 : 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 14 : Approches méthodologiques mises en œuvre pour l'estimation des émissions de BC relatives à la production de verre.**

Code SNAP	% BC par rapport aux $PM_{2,5}$	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 15 : 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 16 : 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 17 : 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 18 : 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 19 : 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)



Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
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 20 : 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 21 : 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)

Code SNAP	Type de verre produit	Méthodologie
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 22 : 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 23 : 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).

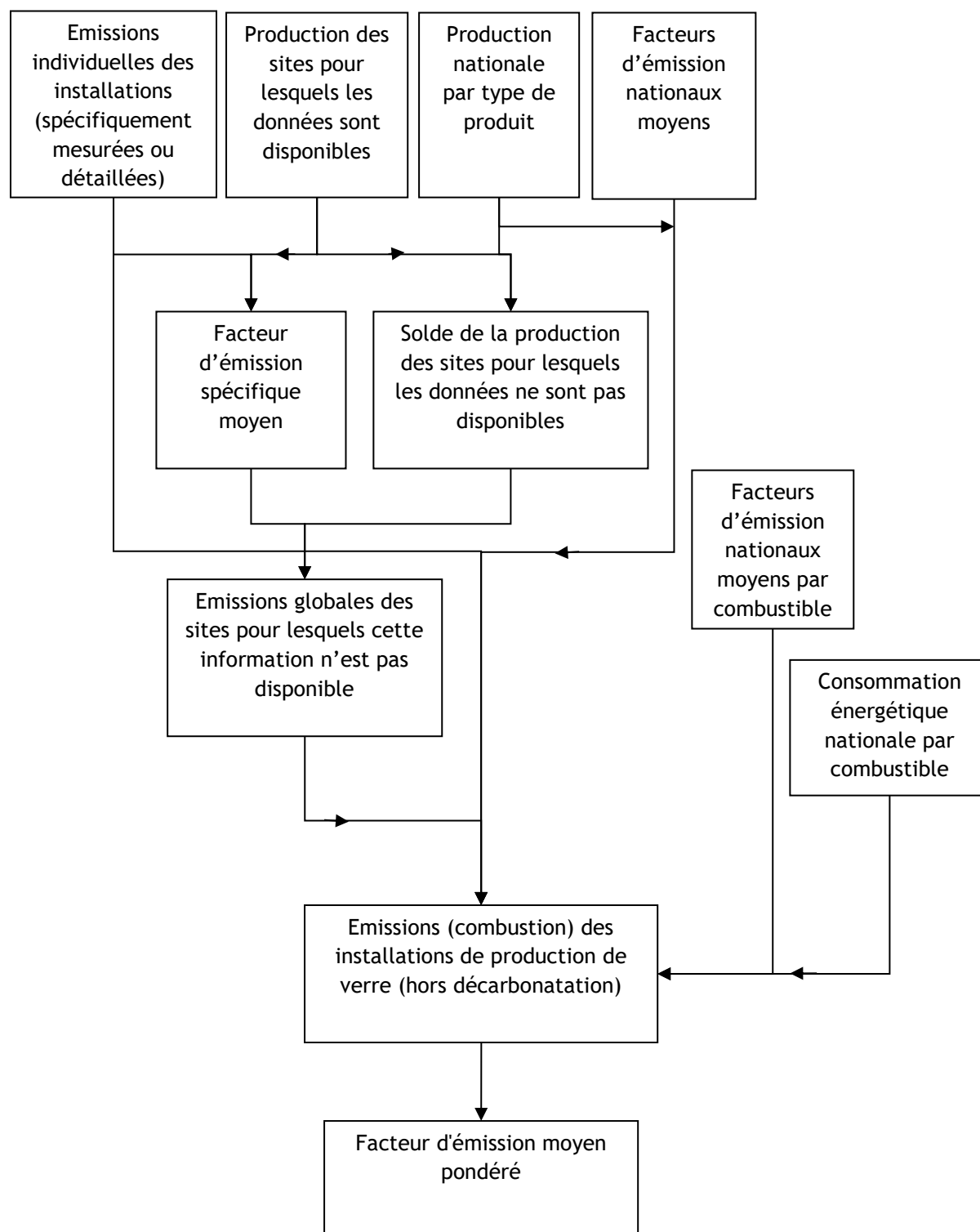
## Polychlorobiphényles (PCB)

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).

**Figure 21 : Logigramme du processus d'estimation des émissions**





Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
09/02/2026	AT	30/01/2025	VM

# Production de chaux (combustion)

Ce paragraphe permet d'introduire la méthode de calcul des émissions induites par la combustion dans le secteur de la production de chaux.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2f
CEE-NU / NFR	1A2f
SNAPc (extension Citepa)	030312
CE / directive IED	3.1 (installations avec des fours rotatifs de capacité de production supérieure à 50 tonnes par jour)
CE / E-PRTR	3cii et iii
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Production nationale provenant de la profession (Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes) et production de chaux hydraulique (ATILH) pour les polluants hors gaz à effet de serre Consommation énergétique par combustible pour les gaz à effet de serre (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O)	Généralement spécifiques de chaque installation considérée individuellement

## Niveau de méthode :

Rang 2 et 3 du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

## Références utilisées :

[19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants

[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)

[183] Citepa – IER – Study on particulate matter emissions: particle size distribution chemical composition and temporal profiles – Interreg III for ASPA, January 2005

[190] Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes – Statistiques annuelles de production de chaux grasses (aériennes) et magnésiennes

[196] Données annuelles de production nationale des installations de production de chaux hydraulique fournies par l'ATILH (données confidentielles)

[1067] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, section 2A2 Lime Production, table 3.1

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

Cette section concerne uniquement les installations de combustion des installations de production de chaux. Il s'agit donc des émissions liées à la combustion des combustibles dans les fours.

La partie relative à la décarbonatation provenant des installations de production de chaux (incluant les émissions liées à la production de chaux en sucreries) est traitée dans la section relative au code CRT 2A2.

Les auto-producteurs de chaux des secteurs de la papeterie et de la sucrerie sont pris en compte dans les secteurs correspondants.

### Fabrication de la chaux

La fabrication de la chaux se déroule en plusieurs étapes dont les principales sont les suivantes :

- Le calcaire est extrait des carrières. Il est l'élément de base de la fabrication de la chaux. Les émissions provenant des carrières ne sont pas comptabilisées dans cette partie.
- Le calcaire est concassé puis introduit dans des fours verticaux ou des fours rotatifs. Les combustibles utilisés diffèrent selon les fours. Le produit obtenu est de la chaux vive.
- Le passage de la chaux vive à la chaux éteinte se fait par réaction chimique exothermique, dite hydratation. Cette réaction a lieu dans un appareil appelé hydrateur où chaux et eau sont mises en contact.

Deux types de production de chaux sont à distinguer :

- d'une part, la **chaux aérienne** [190], également appelée chaux grasse ou chaux calcique et, d'autre part, la **chaux magnésienne**. La chaux aérienne est principalement constituée d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium qui durcit lentement à l'air sous l'effet du CO<sub>2</sub> présent dans l'air. La chaux magnésienne est constituée intégralement d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium et de magnésium. Elle résulte de la calcination de la dolomie.
- d'autre part, la production de **chaux hydraulique** [19, 196] produite par la calcination d'un calcaire plus ou moins argileux et siliceux avec réduction en poudre par extinction avec ou sans broyage. Elle est constituée d'hydroxyde de calcium, de silicates et d'aluminates de calcium.

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

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).

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

Pour quantifier les gaz à effet de serre ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  et  $\text{CH}_4$ ), les consommations énergétiques par combustible sont utilisées.

### Détermination des consommations énergétiques

A partir de 2005, les consommations énergétiques par combustible sont disponibles dans les déclarations annuelles [19]. Toutefois, quelques petits sites de production de chaux ne sont pas soumis au système déclaratif de leurs émissions. Une estimation de leurs consommations énergétiques est réalisée à partir, d'une part, du ratio énergétique des sites faisant l'objet de déclarations annuelles exprimée en GJ/t chaux produite, et d'autre part, de la répartition par année de la consommation énergétique des sites déclaratifs et enfin de la production de chaux associée à ces petits sites.

Entre 1993 et 2004, les consommations énergétiques proviennent des statistiques nationales de consommations énergétiques [26] qui prennent en compte tous les sites de production de chaux.

Pour les années 1990 à 1992, les consommations énergétiques par combustible sont estimées à partir des consommations disponibles en 1993 et en appliquant le ratio d'évolution de la production entre les années.

### **Emissions de $\text{CO}_2$**

La méthodologie mise en œuvre pour calculer les émissions de  $\text{CO}_2$  du secteur de la production de chaux aérienne, magnésienne et de chaux hydraulique s'applique pour l'ensemble de la production de chaux mais dépend de l'année considérée.

#### **Méthode mise en œuvre depuis 2005**

Pour les plus gros sites de production de chaux, les émissions de  $\text{CO}_2$  (par combustible) proviennent des déclarations individuelles [19]. Les autres données disponibles dans ces déclarations sont les données de consommation par combustible par site. Ainsi, un facteur d'émission moyen par année et par combustible est déterminé sur la base des données déclarées.

Pour les plus petits sites pour lesquels aucune déclaration individuelle n'est disponible, les émissions de  $\text{CO}_2$  sont calculées sur la base des consommations associées à ces petits sites (méthode décrite précédemment) et des facteurs d'émission moyens annuels déterminés par combustible sur la base des données déclarées par les sites plus importants.

#### **Méthode mise en œuvre avant 2005**

Pour l'ensemble des sites de production de chaux (aucune donnée individuelle disponible), les émissions de  $\text{CO}_2$  sont calculées sur la base des consommations par combustible et des facteurs d'émission moyens de la période 2005-2012 par combustible.

### **Emissions de $\text{CH}_4$**

Pour toutes les années, les émissions de CH<sub>4</sub> sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les différentes sources utilisées pour déterminer les consommations de combustibles sont présentées dans la section précédente. Les facteurs d'émission nationaux par combustible sont appliqués uniformément à toutes les installations (cf. section générale énergie).

#### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

Pour toutes les années, les émissions de N<sub>2</sub>O sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible. Les différentes sources utilisées pour déterminer les consommations de combustibles sont présentées dans la section précédente. Les facteurs d'émission nationaux par combustible sont appliqués uniformément à toutes les installations (cf. section générale énergie).

#### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

Pour les polluants hors gaz à effet de serre, la production nationale annuelle de chaux est utilisée pour déterminer les émissions de polluants.

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

Au niveau des sites industriels, les émissions de SO<sub>2</sub> des installations de production de chaux aérienne, magnésienne et hydraulique peuvent être déterminées par bilan matière, par mesure ou à partir des consommations de combustibles.

Trois méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles sont disponibles pour les années 1994 et 1995 et à partir de 1999 via les déclarations annuelles de polluants [19].

**Pour les années 1994 et 1995 et à partir de 1999**, les émissions déclarées pour certains sites via les déclarations annuelles de polluants [19] sont utilisées. Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission est déterminé chaque année à partir des sites qui ont déclaré des émissions de SO<sub>2</sub>. Ce facteur d'émission est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Le schéma suivant précise la méthodologie mise en œuvre pour les années 1994 et 1995 et à partir de 1999.

**Entre 1996 et 1998**, les facteurs d'émission sont obtenus par linéarisation des facteurs d'émission connus en 1995 et 1999.

**Avant 1994**, les émissions nationales sont estimées en utilisant le facteur d'émission déterminé en 1994.

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

Au niveau des sites industriels, les émissions déclarées de NO<sub>x</sub> des installations de production de chaux aérienne, magnésienne et hydraulique sont déterminées par mesure ponctuelle ou en continu.

Pour estimer les émissions de NO<sub>x</sub> des installations de production de chaux, la même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est mise en œuvre.

#### **Emissions de COVNM**

Au niveau des sites industriels, les émissions déclarées des installations de production de chaux aérienne, magnésienne et hydraulique sont déterminées par mesure périodique.



Pour estimer les émissions de COVNM des installations de production de chaux, la même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est mise en œuvre.

### **Emissions de CO**

Pour estimer les émissions de CO des installations de production de chaux, la même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est mise en œuvre.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables d'autant qu'il n'y a actuellement aucune installation munie de dispositif d'épuration des 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<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub>**

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

Les valeurs retenues pour les PM<sub>2,5</sub> sont issues de l'étude IER / Citepa dans le cadre d'Interreg III [183].

Les PM<sub>1,0</sub> sont estimées en faisant l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que celui des PM<sub>2,5</sub>.

Ces facteurs d'émission s'appliquent quel que soit le type de chaux produite. Sans précision de la part des exploitants, il est supposé que ces émissions représentent uniquement les PM filtrables (excluant ainsi toute fraction de PM condensables).

### **Emissions de Black Carbon/Carbone suie (BC)**

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les émissions de BC représentent 0,46% des émissions de PM<sub>2,5</sub> [1067].

### **Métaux lourds (ML)**

Pour tous les métaux lourds traités dans le SNIEBA et pour l'ensemble de la période depuis 1990, les émissions sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés et des facteurs d'émission communs relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

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

Les émissions de dioxines et furanes induites par les fours à chaux sont calculées sur la base des consommations annuelles des différents combustibles employés et des facteurs d'émission communs relatifs à ces mêmes combustibles (cf. section générale énergie).

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Au sens de la CEE-NU, les HAP regroupent les quatre substances suivantes : benzo(a)pyrène (BaP), benzo(b)fluoranthène (BbF), benzo(k)fluoranthène (BkF) et indéno(123-cd)pyrène (IndPy). Les facteurs d'émission relatifs aux autres HAP sont également fournis (BaA, BghiPe, BahA et FluorA).

La même méthodologie que pour les dioxines et furanes est utilisée pour chaque composé HAP. Les facteurs d'émission par combustible sont disponibles dans la section générale énergie.

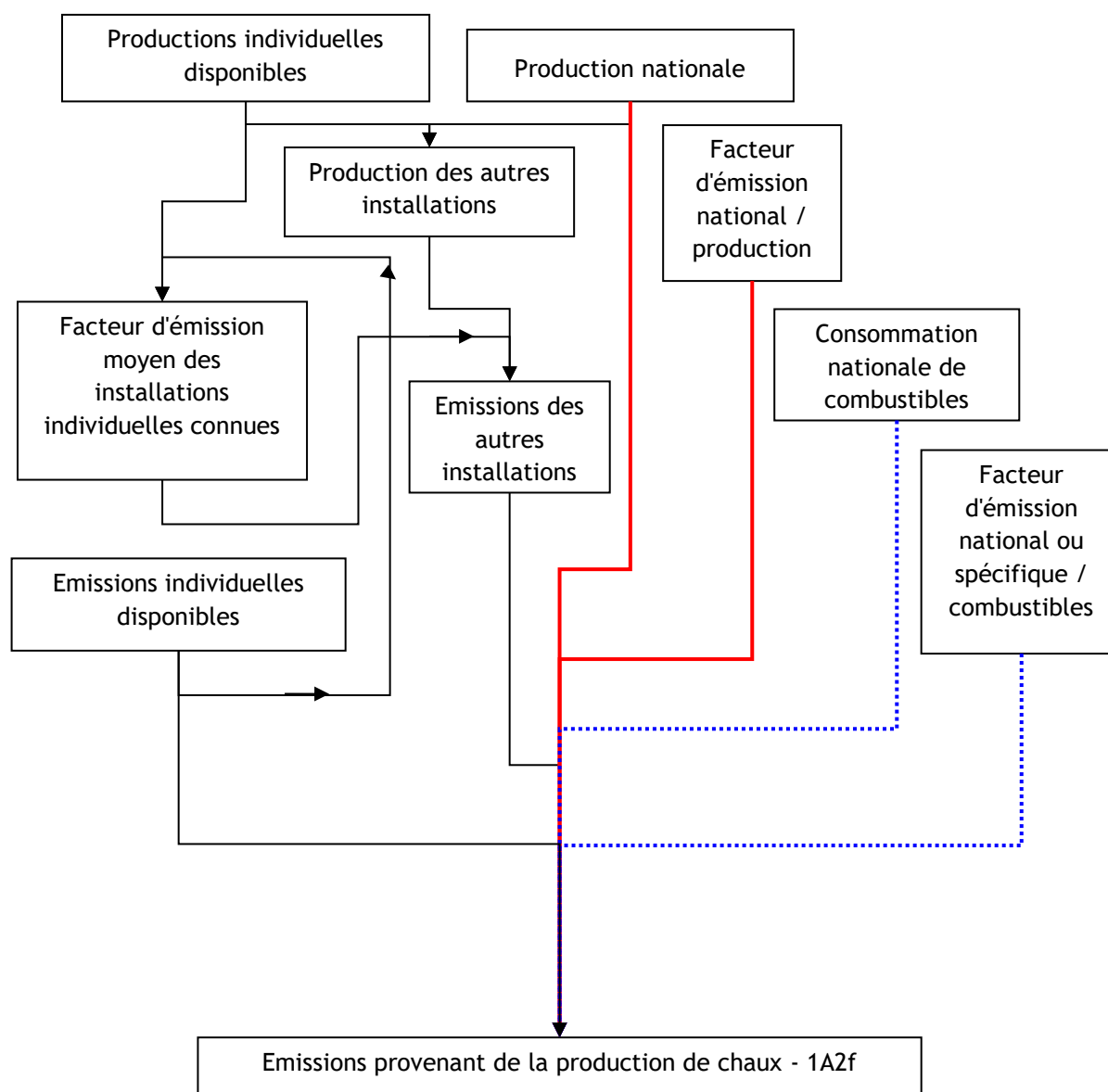
### **Polychlorobiphényles (PCB)**

La même méthodologie que pour les dioxines et furanes est utilisée. Les facteurs d'émission par combustible décrits dans la section générale énergie sont appliqués.

### **Hexachlorobenzène (HCB)**

La même méthodologie que pour les dioxines et furanes est utilisée. Les facteurs d'émission par combustible décrits dans la section générale énergie sont appliqués.

Figure 22 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de chaux (combustion)





Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
02/02/2026	EB	11/02/2026	CV

## Production de plâtre (combustion)

Ce paragraphe permet d'introduire la méthode de calcul des émissions induites par la combustion dans le secteur de la production de plâtre.

### Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2f
CEE-NU / NFR	1A2f
SNAPc (extension Citepa)	030204
CE / directive IED	3.4
CE / E-PRTR	3f
CE / directive GIC	Hors champ

### Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Production de plâtre pour les polluants hors gaz à effet de serre Consommation énergétique par combustible pour les gaz à effet de serre (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O)	Déterminés à partir des données individuelles ou à partir de facteurs spécifiques aux combustibles consommés

### Niveau de méthode :

Rangs 1 et 2/3 du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

### Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [50] Données communiquées directement par les exploitants au Citepa
- [68] OFEFP - Mesures pour la réduction des émissions de PM<sub>10</sub>. Document environnement n°136, juin 2001
- [364] Syndicat National des Industries du Plâtre – communication de données internes relatives à la production annuelle
- [395] EPA - AP42. Janvier 1995, page 11.16-8, table 11.16-4
- [452] INSEE – Publication annuelle – Les consommations d'énergie dans l'industrie
- [1064] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 – Chapter 2A1 – Section 3.2.2 Default emission factors – Table 3.1

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

Le plâtre est produit à partir de gypse. Le gypse est un sulfate de calcium hydraté, de formule  $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2\text{H}_2\text{O}$ . C'est le sulfate naturel le plus distribué dans la nature. Le plâtre est préparé à partir du gypse naturel par chauffage à une température peu élevée.

La cuisson des gypses peut avoir lieu dans différents types de four : à chambre, à cuve ou tubulaire rotatif.

Différents types de plâtre sont obtenus suivant la température de cuisson :

- plâtres à prise rapide, préparés à basse température (107°C), qui prennent en 1 ou 2 minutes,
- plâtres à staff et à stuc, préparés à une température inférieure à 180°C, qui prennent en 3 à 4 minutes,
- plâtres d'ouvrages, préparés à une température de 200 à 230°C, qui prennent en plusieurs minutes.

Lorsqu'on atteint une température de 600°C, le gypse n'a pratiquement plus de prise et est appelé « plâtre mort ». En revanche, si on atteint 900 à 1200°C, le composé perd une partie du sulfate et devient de la chaux ( $\text{CaO}$ ) qui présente une bonne résistance mécanique et que l'on emploie comme hourdis pour carrelages, dallages, etc. (plâtre à carrelage).

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

Les émissions déterminées dans cette section proviennent de l'utilisation de combustibles alimentant les fours.

Les données disponibles détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, mesures des émissions, etc.) permettent une estimation fine des émissions.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

Les émissions de gaz à effet de serre sont calculées à partir de la consommation énergétique.

### **Consommation énergétique**

La méthode d'estimation des consommations du secteur du plâtre est présentée ci-après :

### **Méthode à partir de 2003**

A partir de 2003, les consommations par combustible proviennent, d'une part, des déclarations individuelles des industriels [19] et, d'autre part, pour les sites non soumis au système déclaratif (consommation surfacique), un calcul est réalisé par année :

Consommation surfacique par combustible = (consommation connue par combustible / production connue) x (production nationale – production connue)

Les consommations de combustibles peuvent aussi être communiquées directement par les exploitants [50].

### **Entre 1990 et 2002**

Le secteur du plâtre est inclus dans le code NCE E20. Ainsi, en 2003, il est possible de déterminer la part que représente le secteur du plâtre dans le total du code NCE E20 par combustible [452].

Ce ratio par combustible déterminé en 2003 est supposé constant sur la période 1990-2002.

Les consommations par combustible sur la période 1990-2002 correspondent donc au produit entre les consommations par combustible du code NCE E20 et le ratio déterminé pour l'année 2003.

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

La méthodologie mise en œuvre est la suivante. Elle permet d'assurer une cohérence temporelle.

A partir de 2005, les émissions de CO<sub>2</sub> par combustible proviennent, d'une part, des déclarations annuelles des industriels [19] et, d'autre part, elles sont calculées par produit entre la consommation surfacique telle que décrite précédemment et le facteur d'émission de CO<sub>2</sub> par combustible déterminé par année sur la base des déclarations annuelles individuelles.

Pour les années antérieures à 2005, les émissions de CO<sub>2</sub> sont estimées sur la base des données de consommation par combustible (méthode décrite précédemment) et des facteurs d'émission moyens de la période 2005-2012 par combustible (cas particulier : pour le gaz naturel, le facteur d'émission national est retenu car il est évolutif en fonction des années).

### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

Pour toutes les années, les émissions de CH<sub>4</sub> sont estimées à partir des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible appliqués uniformément à toutes les installations (cf. section générale énergie).

### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

La méthode appliquée est similaire à celle du CH<sub>4</sub>.

### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

Les émissions sont calculées à partir de la production de plâtre nationale [364], de la production de plâtre déclarée par les sites industriels [19] mais également selon certaines années à partir de la consommation énergétique (méthode décrite précédemment).

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

À partir de 2003, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de SO<sub>2</sub> provenant, d'une part, des déclarations annuelles [19] (toutefois, lorsqu'une donnée n'est pas déclarée une année, la valeur de l'année précédente ou une valeur moyenne calculée à partir des données disponibles pour d'autres installations est utilisée) et, d'autre part, du calcul pour la production surfacique. Les émissions de SO<sub>2</sub> provenant de la production surfacique correspondent au produit entre la production surfacique (production nationale – production des sites connus) et le facteur d'émission déduit des données de SO<sub>2</sub> déclarées par les industriels.

Avant 2003, les émissions sont déterminées à partir des consommations du secteur par combustible et des facteurs d'émission nationaux (cf. section générale énergie).

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

La méthode pour déterminer les émissions de NO<sub>x</sub> est la même que celle pour le SO<sub>2</sub>.

### **Emissions de COVNM**

La même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est employée.

### **Emissions de CO**

La même méthodologie que pour le SO<sub>2</sub> est employée.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables pour la production de plâtre.

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

Avant 2003, le facteur d'émission de l'OFEFP [68] est retenu.

À partir de 2003, les émissions nationales correspondent à la somme des émissions de TSP provenant, d'une part, des déclarations annuelles [19] (toutefois, lorsqu'une donnée n'est pas déclarée une année, la valeur de l'année précédente ou une valeur moyenne calculée à partir des données disponibles pour d'autres installations est utilisée), et, d'autre part, du calcul pour la production surfacique. Les émissions de TSP provenant de la production surfacique correspondent au produit entre la production surfacique (production nationale – production des sites connus) et le facteur d'émission déduit des données de TSP déclarées par les industriels.

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

La granulométrie provient respectivement pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> de l'OFEFP [68] et de l'US EPA [395] (la proportion correspond à la moyenne des trois procédés proposés).

**Tableau 24 : Granulométrie des poussières totales en suspension.**

Tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM <sub>10</sub>	62
PM <sub>2,5</sub>	37
PM <sub>1,0</sub>	37

Pour les PM<sub>1,0</sub>, il est fait l'hypothèse que la répartition est la même que celle des PM<sub>2,5</sub>.

### **Emissions de Black Carbon/Carbone Suie (BC)**

Les émissions de carbone suie sont basées sur une spéciation chimique des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les émissions de BC représentent 3% des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Il a été fait l'hypothèse que le ratio pour la production de plâtre est le même que celui pour la production de ciment à partir du guide EMEP/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.

**Figure 23 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de GES****Figure 24 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de polluants**

Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
15/10/2024	MB	30/01/2025	VM

# Production de tuiles et briques

Cette section concerne uniquement les émissions provenant de la combustion dans les installations de production de tuiles et briques. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au phénomène de décarbonatation dans les installations de production de tuiles et briques sont présentées dans la section relative aux procédés industriels.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1.A.2.f
CEE-NU / NFR	1.A.2.f
SNAPc (extension Citepa)	030319
CE / directive IED	3.5 (installations de capacité de production supérieure à 75 tonnes par jour et/ou de capacité de four de plus de 4 m <sup>3</sup> )
CE / E-PRTR	3g
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Production nationale de tuiles et briques (pour les polluants)	Données spécifiques à chaque installation pour le CO <sub>2</sub>
Consommations de combustibles du secteur (pour les gaz à effet de serre)	Facteurs d'émission par défaut pour le CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub> O Autres polluants (cf. section spécifique)

## Niveau de méthode :

Rang GIEC 2/3 pour le CO<sub>2</sub>, du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations. Rang GIEC 1 pour le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O.

## Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [26] Ministère de l'Industrie, de l'Economie et des Finances (SESSI) et Ministère de l'Agriculture (SCEES) - Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)
- [183] Citepa – IER – Study on particulate matter emissions: particle size distribution chemical composition and temporal profiles – Interreg III for ASPA, January 2005
- [241] FFTB (Fédération Française des Tuiles et Briques) – Statistiques annuelles
- [1064] EMEP 2023 EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – Chapter 2A1 – Section 3.2.2 Default emission factors – Table 3.1

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

La fabrication de tuiles et briques se décompose en plusieurs étapes :

- La matière première est extraite des carrières.
- Un mélange constitué de 20% d'argile jaune et 80% d'argile noire est passé au broyeur puis stocké pendant trois semaines afin de lui assurer une parfaite malléabilité.
- De l'eau et des produits complémentaires tels que du calcaire sont ajoutés à l'argile.
- Une mouleuse constitue ensuite des galettes qui sont emmenées vers des moules types.
- Les tuiles formées sont ensuite séchées dans un sécheur tunnel pendant 12 heures à une température de 85°C.
- De couleur rouge grâce à l'oxyde de fer très présent dans l'argile, les tuiles peuvent être colorées avec des pigments d'origine naturelle par exemple.
- Les tuiles sont ensuite cuites pendant 21 heures dans des fours tunnel. La température peut atteindre environ 1100°C.

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

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

### 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].

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.

### 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].

## Méthode générale d'estimation des émissions (spécifique NID) :

Les émissions sont calculées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par combustible associés.

## Méthode générale d'estimation des émissions (spécifique IIR) :

Différentes méthodes d'estimation des émissions peuvent être utilisées, en fonction du polluant concerné : émissions déclarées directement [19], émissions calculées à partir de la consommation de combustibles ou de la production nationale.

La disponibilité de données détaillées (types, quantités et caractéristiques des combustibles, types d'équipements, mesures des émissions, bilans, etc.) [19, 26] pour certaines années permet une estimation assez fine des émissions. De plus, cet apport de données spécifiques permet de calculer des facteurs d'émission propres au secteur, ce qui contribue à la complexité mais permet d'atteindre un niveau qualitatif plus élevé des estimations.

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

A partir de 2005, les émissions de CO<sub>2</sub> par combustible proviennent, d'une part, des déclarations annuelles [19] et, d'autre part, elles sont calculées sur la base des consommations surfaciques (solde des consommations nationales et connues par site) et des facteurs d'émission nationaux de CO<sub>2</sub> par combustible (mix Tier 2/3).

Pour les années antérieures à 2005, les émissions de CO<sub>2</sub> sont estimées sur la base des données de consommation par combustible (méthode décrite précédemment) et des facteurs d'émission nationaux (Tier 2).

La cohérence temporelle est vérifiée en comparant les facteurs d'émission de CO<sub>2</sub> recalculés depuis 2005 à partir des données des exploitants avec les facteurs d'émission CO<sub>2</sub> nationaux.

Pour information, pour les sites soumis au SEQE, un contrôle de cohérence est effectué entre les émissions déclarées dans ce cadre, et les données disponibles dans les déclarations annuelles des émissions [19].

### **Emissions de CH<sub>4</sub>**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de CH<sub>4</sub> sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

### **Emissions de N<sub>2</sub>O**

Sur l'ensemble de la période, les émissions de N<sub>2</sub>O sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission par défaut relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie).

### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

Deux méthodes distinctes sont utilisées pour estimer les émissions de polluants :

- **Emissions déclarées** directement, via les déclarations annuelles de polluants [19] ;
- **Emissions calculées**, soit :
  - à partir des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie) appliqués aux consommations ; soit
  - à partir de facteurs d'émission moyens recalculés, appliqués à la production.

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

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont induites, d'une part, par les combustibles et, d'autre part, par l'apport de matières premières. Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de SO<sub>2</sub> via les déclarations annuelles de polluants [19], ces valeurs d'émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen relatif aux émissions induites par la matière première est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de SO<sub>2</sub>, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Les émissions induites par la consommation de combustibles sont quant à elles recalculées à partir du solde de la consommation nationale et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).
- Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne des facteurs d'émission recalculés au niveau national, sur la période 2004-2013. Ce facteur d'émission moyen est appliqué à la production nationale [241].

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

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de NO<sub>x</sub> via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de NO<sub>x</sub>, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne de ceux déterminés sur la période 2004-2013, appliqué à la production nationale.

### **Emissions de COVNM**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de COVNM via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de COVNM, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne de ceux déterminés sur la période 2004-2013, appliqué à la production nationale.

### **Emissions de CO**

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de CO via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de CO, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne de ceux déterminés sur la période 2004-2013, appliqué à la production nationale.

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont supposées négligeables.

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

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction de l'année car certaines données individuelles ne sont disponibles que depuis 2004 via les déclarations annuelles de polluants [19].

A partir de 2004 :

- Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de TSP via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées.
- Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions de TSP, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale.

Avant 2004, le facteur d'émission utilisé est la moyenne de ceux déterminés sur la période 2004-2013, appliqué à la production nationale.

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

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/EEA 2023 [1064].

### **Métaux lourds (ML)**

Les émissions de métaux lourds proviennent, d'une part, de l'utilisation de combustibles et, d'autre part, des éléments contenus dans la matière première. La même approche est utilisée pour l'ensemble des métaux lourds étudiés ici.

Deux méthodologies sont mises en œuvre en fonction des années et des métaux lourds :

- Méthodologie 1 : Les données d'émissions sont disponibles via les déclarations annuelles de polluants [19],
- Méthodologie 2 : Les données d'émissions ne sont pas disponibles.

#### *Méthodologie 1 – Données d'émissions disponibles*

Pour les sites ayant déclaré leurs émissions de métaux lourds via les déclarations annuelles de polluants [19], ces émissions sont directement utilisées. Pour le reste de la production nationale, un facteur d'émission moyen relatif aux émissions induites par la matière première est déterminé chaque année à partir des sites qui déclarent des émissions du métal lourd considéré, et est ensuite appliqué au solde de la production nationale. Les émissions induites par la consommation de combustibles sont quant à elles recalculées à partir du solde de la consommation nationale et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie).

Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

#### *Méthodologie 2 – Pas de données d'émissions disponibles*

Si les données d'émissions ne sont pas disponibles via les déclarations individuelles, les émissions sont déterminées à partir de la consommation de combustibles et des facteurs d'émission par combustible (cf. section générale énergie), auxquelles les émissions induites par la matière première sont ajoutées. Pour évaluer les émissions induites par la matière première, la production nationale est multipliée par le facteur d'émission moyen de la matière première déterminé à partir des années où il y a eu des déclarations annuelles de polluants pour le métal lourd considéré.

Un facteur d'émission moyen au niveau national est alors recalculé chaque année, à partir des émissions totales (induites par l'utilisation de combustibles et par les éléments contenus dans la matière première), ramenées à la production nationale.

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

Sur l'ensemble de la période, les émissions de dioxines et furanes sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

#### ***Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HAP de chacun des composés (BaP, BkF, BbF, IndPy, BghiPe, BaA, BahA, FluorA) sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Des facteurs d'émission moyens au niveau national sont recalculés chaque année, à partir des émissions totales des polluants, ramenées à la production nationale.

#### ***Polychlorobiphényles (PCB)***

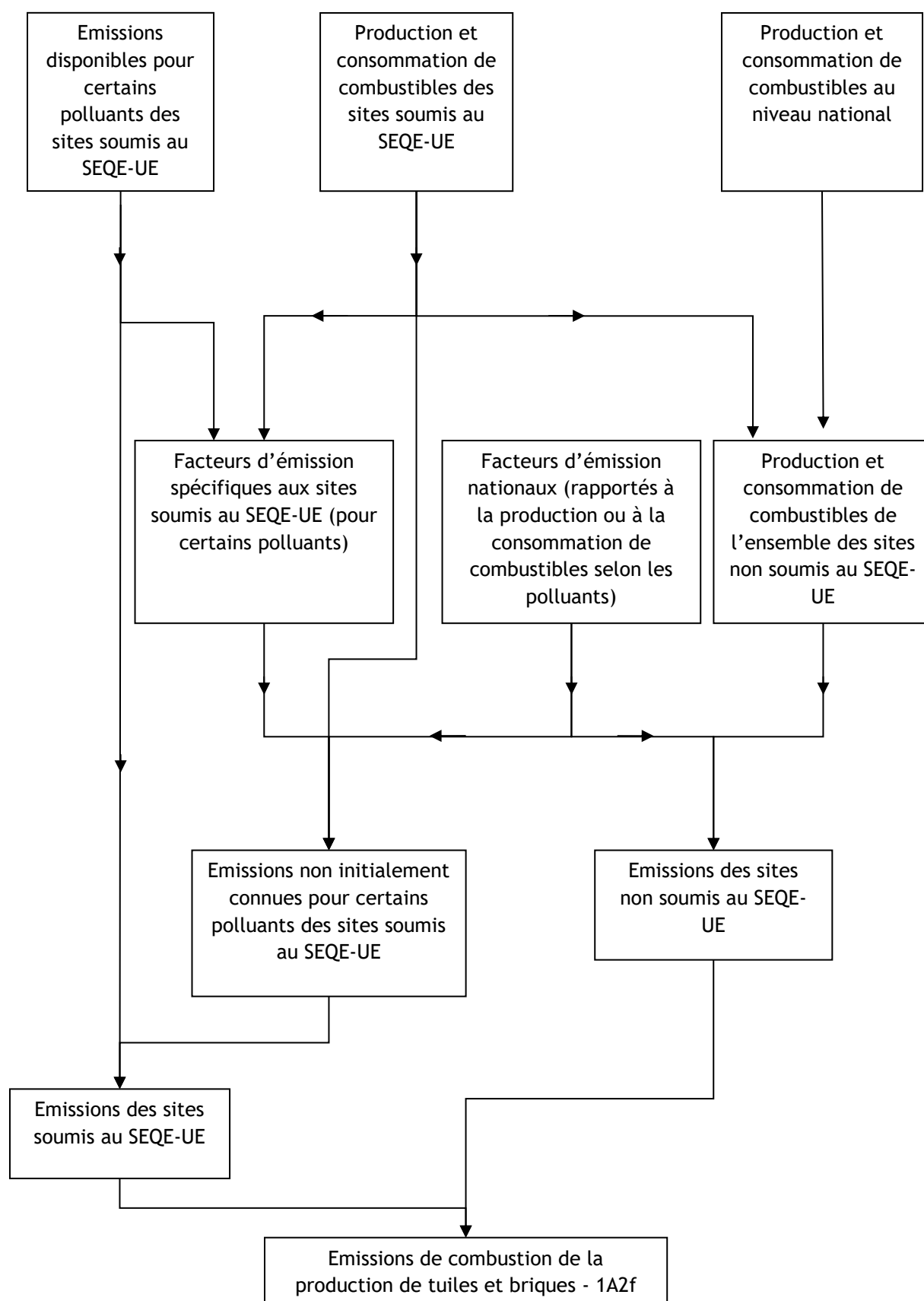
Sur l'ensemble de la période, les émissions de PCB sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.

#### ***Hexachlorobenzène (HCB)***

Sur l'ensemble de la période, les émissions de HCB sont déterminées à partir des consommations de combustibles et des facteurs d'émission relatifs à chaque combustible (cf. section générale énergie). Un facteur d'émission moyen au niveau national est recalculé chaque année, à partir des émissions totales ramenées à la production nationale.



Figure 25 : Logigramme du processus d'estimation des émissions





Date de mise à jour	Responsable	Date de validation	Vérificateur
09/02/2026	RK	11/02/2026	CV

# Production d'enrobés routiers

Cette section concerne les émissions provenant de la combustion dans les stations de production d'enrobés routiers.

## Correspondance dans divers référentiels :

CCNUCC / CRT	1A2g
CEE-NU / NFR	1A2g
SNAPc (extension Citepa)	030313
CE / directive IED	Hors champ
CE / E-PRTR	3f (en partie)
CE / directive GIC	Hors champ

## Approche méthodologique :

Activité	Facteurs d'émission
Consommation nationale de bitume routier	Facteurs d'émission nationaux et spécifiques au secteur en fonction des combustibles et des polluants

## Niveau de méthode :

Rang 2 du fait de l'utilisation de facteurs d'émission nationaux et de valeurs spécifiques à la production d'enrobés routiers selon les polluants les combustibles.

## Références utilisées :

- [183] Citepa – IER – Study on particulate matter emissions: particle size distribution chemical composition and temporal profiles – Interreg III for ASPA, January 2005
- [184] 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
- [267] USIRF - Evolution du parc de centrales, Octobre 1998
- [623] GIEC – Lignes directrices 2006, Chapitre 2, Table 2.3 (combustion stationnaire)
- [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
- [1207] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023, Part B section 2D3b Road paving with asphalt

## Caractéristiques de la catégorie (communes au NID et à l'IIR) :

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 consommation de bitume représente entre 6% et 8,5% de la production d'enrobés.

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

## Méthode générale d'estimation des émissions (commune au NID et à l'IIR) :

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].

## Méthode d'estimation des émissions de gaz à effet de serre (NID) :

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

Les émissions sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles consommés [185] et du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

### **Emissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O**

Les émissions sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles consommés [185] et du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission nationaux du secteur par combustible provenant d'une étude nationale [717] pour le fioul lourd et le gaz naturel et des lignes directrices du GIEC 2006 [623] pour les autres combustibles.

#### **Emissions de Gaz fluorés**

Il n'y a pas d'émission attendue de ces substances lors de la combustion.

## Méthode d'estimation des émissions de polluants (IIR) :

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

Les émissions de SO<sub>2</sub> sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission nationaux par combustible (cf. section générale énergie).

#### **Emissions de NO<sub>x</sub>, COVNM et CO**

Les émissions de NO<sub>x</sub>, COVNM et CO sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission sectoriels par combustible [717].

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

Les émissions de NH<sub>3</sub> sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717]. Faute de données disponibles, les émissions de NH<sub>3</sub> ne sont pas estimées pour le gaz naturel.

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

Les émissions de TSP sont déterminées au moyen de la répartition par type de combustibles utilisés [185], du ratio énergétique associé [717] ainsi que des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717]. D'après l'USIRF [267], le type de dépoussiéreur le plus utilisé depuis 1988 est le filtre à manches. Dans cette étude nationale, il n'est pas précisé si les condensables sont pris en compte pour le calcul des émissions.

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

Les émissions de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont estimées au moyen d'une granulométrie fournie par l'étude ASPA [183]. Faute de valeur disponible, le facteur d'émission pour les PM<sub>1,0</sub> est supposé identique à celui des PM<sub>2,5</sub>.

**Tableau 25 : Granulométrie des poussières totales en suspension**

Tranche granulométrique	% répartition des TSP
PM <sub>10</sub>	96
PM <sub>2,5</sub>	33
PM <sub>1,0</sub>	33

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

Les émissions de BC sont basées sur une spéciation chimique des émissions de  $PM_{2,5}$ , ce ratio provient du Guidebook EMEP/EEA 2023 [1207] pour le recouvrement des routes. Les émissions de BC représentent 5,7% des émissions de  $PM_{2,5}$ .

### **Métaux lourds (ML)**

Arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium et zinc

Les émissions de métaux lourds sont calculées à partir des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717], du ratio énergétique associé [717] et de la répartition par combustible fournie par la profession [185].

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

Les émissions de dioxines/furanes sont calculées à partir des facteurs d'émission nationaux de dioxines/furanes par combustible (cf. section générale énergie), du ratio énergétique associé [717] et de la répartition par combustible fournie par la profession [185].

### **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Les émissions de HAP sont calculées à partir des facteurs d'émission sectoriels par combustible issus d'une étude nationale [717], du ratio énergétique associé [717] et de la répartition par combustible fournie par la profession [185]. Les HAP considérés sont : BaA, BaP, BbF, BghiPe, BkF, BahA, FluorA et IndPy.

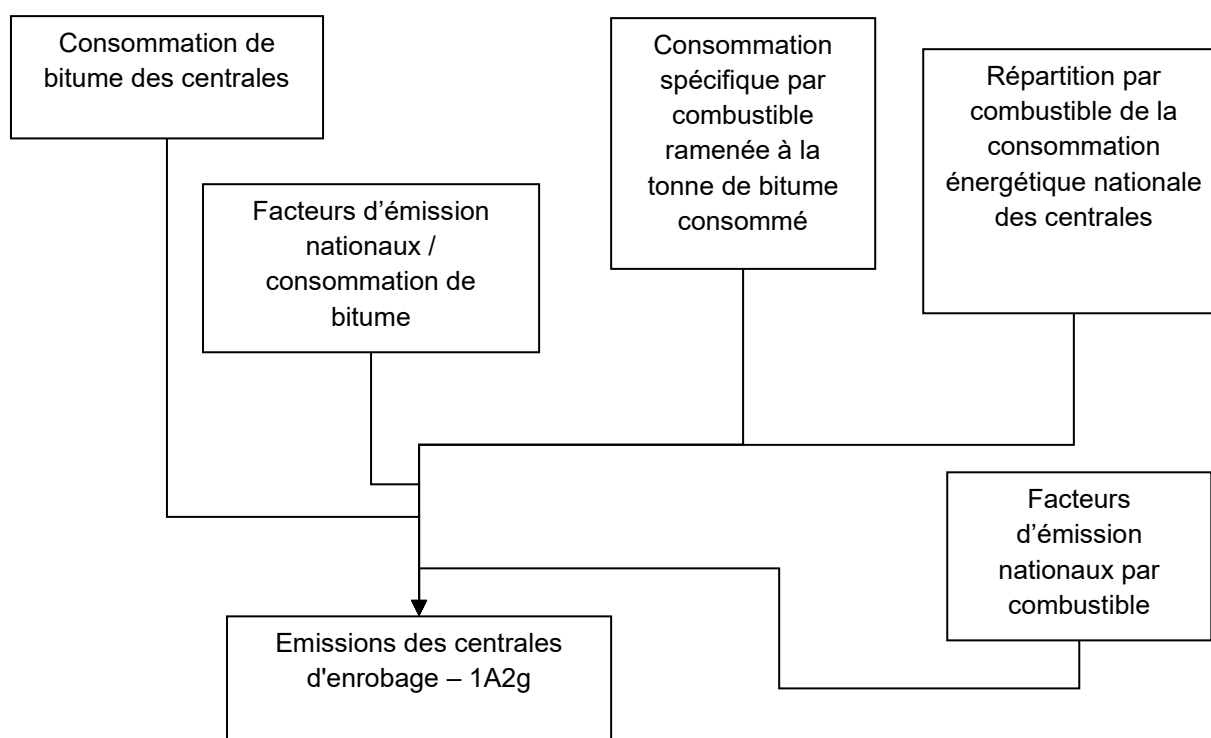
### **Polychlorobiphényles (PCB)**

Les émissions de PCB sont calculées à partir des facteurs d'émission nationaux de PCB par combustible (cf. section générale énergie), du ratio énergétique associé [717] et de la répartition par combustible fournie par la profession [185].

### **Hexachlorobenzène (HCB)**

Les émissions de HCB sont supposées négligeables.

Figure 26 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de production d'enrobés routiers



# Crédit des illustrations

Industrie manufacturière | Introduction (de gauche à droite et de haut en bas)

@ Yassin HEMMATIZ / Unsplash

@ Clayton CARDINALLI / Unsplash

@ Ant ROZETSKY / Unsplash



