



Rapport **OMINEA** | Produits minéraux

Ed. 2025

Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France

Rapport **OMINEA** | Produits minéraux Ed. 2025

Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France

Avril 2025

| Rédaction | |
|---------------|--|
| Contributeurs | Magali BONNOT, Maxime CELESTE, Rania KAMAR, Adélaïde TRESARRIEU, Sarah URBANO, Corentin VANCAYSEELE. |

| Coordination, Vérification et Approbation finale | | |
|--|--|------------|
| Coordination et Vérification | Grégoire BONGRAND, Ingénieur d'études Jean-Pierre CHANG, Directeur adjoint Vincent MAZIN, Ingénieur d'études | 15/04/2025 |
| Approbation finale | Nadine ALLEMAND, Directrice adjointe Jérôme BOUTANG, Directeur général | 15/04/2025 |

Pour citer ce document :

Citepa, 2025. Rapport OMINEA | Produits minéraux – 22^{ème} édition

© Citepa 2025

Ce Rapport a été réalisé avec la participation financière du Ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche (MTBFMT).

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

Rapport n°2590omi/ 2025 | 2. Produits Minéraux.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 | contact@citepa.org



Sommaire

| | |
|--|----|
| Table des illustrations..... | 3 |
| Table des tableaux..... | 4 |
| Produits Minéraux Introduction | 6 |
| Production de ciment (décarbonatation) | 7 |
| Production de chaux (décarbonatation)..... | 13 |
| Production de verre (décarbonatation) | 20 |
| Autres procédés avec décarbonatation | 24 |
| Utilisation du carbonate de sodium et du bicarbonate de sodium | 27 |
| Production de céramiques fines..... | 29 |
| Production de tuiles et briques..... | 32 |
| Stockage et manipulation des produits minéraux..... | 35 |
| Chantiers et BTP | 38 |
| Exploitation des carrières | 42 |

Table des illustrations

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Niveau de méthode appliqué pour la détermination des émissions de CO ₂ pour la production de ciment | 8 |
| Figure 2 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de CO ₂ de la production de ciment (décarbonatation) - Hors ciment aluminé | 12 |
| Figure 3 : Logigramme des processus d'estimation des émissions de CO ₂ de la production de ciment (décarbonatation) - Ciment aluminé | 12 |
| Figure 4 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de CO ₂ relatives à la décarbonatation dans la production de verre. | 23 |
| Figure 5 : Logigramme du processus d'estimation des émissions – Production d'émail..... | 26 |
| Figure 6 : Logigramme du processus d'estimation des émissions liées à l'utilisation de carbonate et bicarbonate de sodium dans l'industrie (hors industrie du verre et autres secteurs mettant en œuvre la décarbonatation) – 2A4..... | 28 |
| Figure 7 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de céramiques fines | 31 |
| Figure 8 : Logigramme du processus d'estimation des émissions liées à la production de tuiles et briques | 34 |
| Figure 9 : Logigramme du processus d'estimation des émissions liées aux bâtiments et travaux publics | 40 |
| Figure 10 : Logigramme du processus d'estimation des émissions liées à l'exploitation des carrières | 49 |

Table des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Méthodologies d'estimation des émissions liées à la production de ciment | 11 |
| Tableau 2 : Niveau de méthodologie déployé dans l'estimation des émissions de CO ₂ pour la production de chaux aérienne et magnésienne | 16 |
| Tableau 3 : Facteurs d'émission du CO ₂ associés à la décarbonatation dans la production de chaux aérienne et magnésienne | 17 |
| Tableau 4 : Méthodes de calcul des émissions de CO ₂ pour la chaux hydraulique | 18 |
| Tableau 5 : Facteurs d'émission de particules pour la manipulation de produits minéraux | 37 |
| Tableau 6 : Granulométrie des poussières totales en suspension pour le bâtiment et les travaux publics | 40 |
| Tableau 8 : Données de production de granulats par type de roches | 43 |
| Tableau 9 : Distribution des carrières par capacité de production (% de la production totale par type de roche) | 44 |
| Tableau 10 : Distribution des carrières par capacité de production (% du nombre total de carrières par type de roche) | 44 |
| Tableau 11 : Distances parcourues en camion par tonne produite (m/tonne) | 44 |
| Tableau 12 : Taux de route revêtue par catégorie de carrières | 45 |
| Tableau 13 : Arrosage des routes non revêtues - Utilisation et efficacité | 45 |
| Tableau 14 : Poids moyen des véhicules de transport | 45 |
| Tableau 15 : Parts de fines en surface sur les routes | 45 |
| Tableau 16 : Flux par équipement par type de roche | 46 |
| Tableau 17 : Nombre d'unités primaires, secondaires et tertiaires par catégorie de carrières | 46 |
| Tableau 18 : Taux d'utilisation des technologies d'abatement pour les concasseurs | 47 |
| Tableau 19 : Taux d'utilisation des technologies d'abatement pour les cribles | 47 |
| Tableau 20 : Données de calcul des émissions liées à l'érosion des stocks | 48 |

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'émissions, 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 **Produits minéraux**.

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

- OMINEA. Parties générales
- 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
- 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
- OMINEA. Agriculture
- OMINEA. Déchets
- OMINEA. UTCATF
- OMINEA. Autres
- OMINEA. Références & Annexes

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.**



Produits Minéraux | Introduction

Cette catégorie n'émet que des émissions de CO₂. Le phénomène de décarbonatation est à l'origine de la majorité des émissions du fait de plusieurs secteurs d'activités :

- production de ciment (CRT 2A1),
- production de chaux (CRT 2A2) (chaux aérienne, magnésienne, hydraulique et auto-producteurs de chaux dans le secteur du raffinage des betteraves dans les sucreries),
- production de verre (CRT 2A3),
- production de céramique et de tuiles et briques (CRT 2A4-a),
- autres utilisations de carbonates de sodium (CRT 2A4-b),
- autres utilisations (CRT 2A4-d) : utilisation de carbonates dans la production d'email (données confidentielles mais niveau d'émission très faible).

D'autres utilisations de carbonates sont comptabilisées dans le secteur utilisateur comme par exemple l'utilisation de produits carbonés dans les techniques de désulfuration de certaines centrales thermiques et de certaines installations de chauffage urbain comptabilisées en 1A, l'utilisation de dolomie pour produire du magnésium comptabilisée en 2C4, l'utilisation de castine ou de matières carbonées sur des sites chimiques comptabilisée en 2B10.

Rédaction : **Magali BONNOT**, **Maxime CELESTE**, **Rania KAMAR**, **Adélaïde TRESARRIEU**, **Sarah URBANO**, **Corentin VANCAYSEELE**

| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 28/01/2025 | AT | 31/01/2025 | VM |

Production de ciment (décarbonatation)

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

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|--|
| CCNUCC / CRT | 2A1 |
| CEE-NU / NFR | - |
| SNAPc (extension Citepa) | 040612 |
| 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 |
|---|--|
| Avant 2004 : Production nationale de clinker provenant du Syndicat Français de l'Industrie Cimentière | Spécifiques de chaque installation considérée individuellement |
| A partir de 2004 : déclarations annuelles individuelles des sites industriels | |

Niveau de méthode :

Rang GIEC 2 ou 3 selon les années et du fait de la prise en compte de données spécifiques à une partie des installations.

Références utilisées :

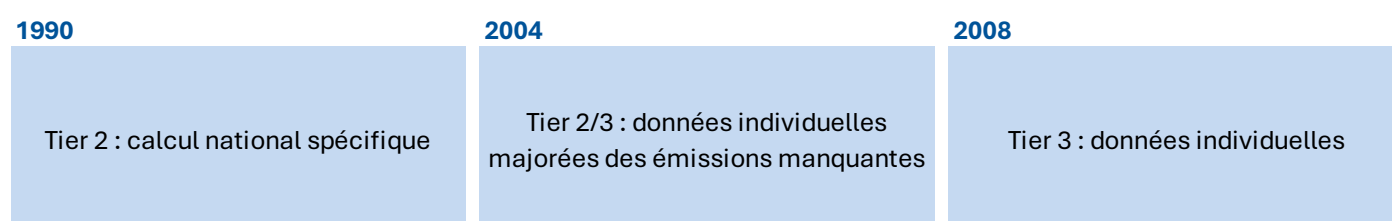
- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [218] SFIC (Syndicat Français de l'Industrie Cimentière) – données annuelles de production de clinker
- [239] ATILH – Mode d'obtention des données annuelles sur les émissions de CO₂ et moyens de contrôle de ces valeurs d'émission, novembre 2002
- [348] Arrêté du 31 mars 2008 relatif à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2008 – 2012
- [613] GIEC – Lignes directrices 2006 pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre – Volume 3 Procédés industriels et utilisation des produits – Chapitre 2 – section 2.2
- [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) :

La quantité de clinker produite annuellement est connue auprès du Syndicat Français de l'Industrie Cimentière [218] pour la période avant 2004. A partir de l'année 2004, la production nationale de clinker est obtenue en agrégeant les productions recueillies au niveau des sites industriels.

La méthode mise en œuvre dépend de l'année considérée. Le schéma suivant présente ces différentes méthodes et une description plus fine est fournie dans la suite de ce document.

Figure 1 : Niveau de méthode appliqué pour la détermination des émissions de CO₂ pour la production de ciment



Les cimenteries ne déclarent leurs émissions annuelles de façon très détaillée que depuis 2004 (inclus). Ces émissions individuelles sont traitées spécifiquement et prises en compte dans l'inventaire (approche totale bottom-up) depuis 2004.

Avant 2004, les émissions sont calculées au moyen de facteurs d'émission déterminés sur la base des données détaillées disponibles depuis 2008 dans les déclarations annuelles.

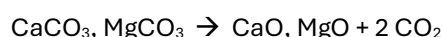
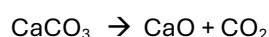
Entre l'année 2004, année des premières déclarations détaillées et l'année 2008, première année de la 2^{ème} période du système d'échange des quotas d'émissions (SEQE), le périmètre des émissions déclarées par les industriels a évolué. Depuis 2008, les cimenteries déclarent tout ou partie des émissions des différentes sources suivantes :

- la calcination des carbonates dans les matières premières utilisées pour produire le clinker,
- la calcination totale ou partielle des poussières des fours à ciment ou des poussières de by-pass,
- dans certains cas du carbone non issu de carbonates présent dans les matières premières.

Entre 2004 et 2008, les industriels ne déclaraient pas les émissions de CO₂ induites par les poussières de by-pass, ni celles induites par le carbone non issu des carbonates. Afin d'assurer une série homogène et cohérente sur l'ensemble de la période, un facteur d'émission pour les différents types d'émissions de décarbonatation est déterminé et appliqué sur toute la série temporelle.

Le détail des différents types d'émissions de décarbonatation est présenté ci-après :

Concernant la calcination des carbonates dans les matières premières utilisées pour produire le clinker, le CO₂ de la décarbonatation provient de la transformation du carbonate de calcium en oxyde de calcium au cours du procédé de fabrication selon la réaction suivante :



Le GIEC [613], dans son niveau 1, recommande de calculer le CO₂ de la décarbonatation à partir du contenu en chaux du clinker. Une valeur par défaut est proposée pour le contenu en CaO du clinker : 65%.

Toutefois, le GIEC, dans son niveau 1, ne prend pas en compte la décomposition du MgCO₃. D'après la profession cimentière [239], le clinker contient environ 2% de MgO.

Depuis 2004, les émissions de décarbonatation déterminées au niveau national sont cohérentes avec les données d'émissions relatives à la décarbonatation des cimenteries couvertes par le système d'échanges de quotas de gaz à effet de serre (SEQE). Ce dernier ne regroupant pas l'ensemble des cimenteries, les émissions nationales sont légèrement supérieures à celles observées dans le système d'échange. Toutefois, depuis 2013, toutes les cimenteries sont couvertes par le système d'échanges de quotas de gaz à effet de serre.

Les émissions nationales dans l'inventaire correspondent au total des émissions déclarées par l'ensemble des cimenteries.

Le facteur d'émission par défaut est de 525 kg CO₂ / t clinker [348-annexe VI]. Depuis la mise en place du SEQE, la plupart des cimenteries ont mis en œuvre des niveaux de méthode précis (élevés au sens de la réglementation EU ETS) pour la détermination des émissions. Ainsi, des mesures de la teneur en carbone dans les matières premières sont réalisées, permettant d'obtenir des valeurs spécifiques précises.

Concernant la calcination des poussières des fours à ciment ou des poussières de by-pass, seules quelques installations sont concernées (environ la moitié est munie de tels équipements). Ces émissions ne sont déclarées par les exploitants que depuis 2008 dans le cadre de la seconde période du SEQE mais elles sont estimées dans l'inventaire pour les années antérieures grâce à une méthode de calcul décrite ci-après.

Concernant le carbone non issu de carbonates présent dans les matières premières, seules quelques installations sont concernées (environ 1/3). Ces émissions ne sont déclarées par les exploitants que depuis 2008. Elles sont toutefois estimées dans l'inventaire pour les années antérieures grâce à une méthode de calcul décrite ci-après.

Le procédé relatif à la **production de ciment aluminé** étant différent de celui relatif à la fabrication du ciment de Portland, le facteur d'émission est différent et très variable. Une distinction est donc faite entre ces deux types de produits. La méthode est décrite ci-après pour chacun de ces produits.

Méthode d'estimation des émissions de GES :

Emissions de CO₂

La méthode appliquée est de rang GIEC 2 voire 3 pour les années les plus récentes (cf. schéma ci-dessus).

Le facteur d'émission de CO₂ est déterminé, d'une part, pour la production de ciment aluminé et, d'autre part, pour la production des autres types de ciments.

Particularités

À la suite de l'application de l'arrêté du 28 juillet 2005 puis de l'arrêté du 31 mars 2008 et enfin de l'arrêté du 21 décembre 2020 relatifs à la vérification et à la quantification des émissions déclarées dans le cadre du système communautaire d'échange des quotas d'émissions de gaz à effet de serre, les industriels déclarent précisément leurs émissions de CO₂ issues de la décarbonatation. Ces informations permettent, à partir de l'année 2004, de connaître par une approche *bottom-up* les émissions de cette activité, ce qui explique l'évolution du facteur d'émission déduit à partir de l'année 2004. Ces données sont utilisées afin d'affiner les estimations sur la période 1990-2004 et assurer la cohérence de la série temporelle.

En fonction des données disponibles et de l'année, la méthodologie diffère. Elle est synthétiquement explicitée ci-dessous.

Ciment aluminaté

Les sites de production de ciment aluminaté n'existent qu'en France métropolitaine et ils sont au nombre de trois. Toutefois, compte tenu des matières premières utilisées, les trois sites sont à l'origine d'émissions induites par la décarbonatation dont l'un avec des émissions de CO₂ très faibles (inférieures à 300 tCO₂).

La production de ciment aluminaté représente en 2021 moins de 5% de la production nationale de clinker.

La méthodologie mise en œuvre est la suivante. Cette méthodologie permet d'assurer une cohérence temporelle.

- Avant 2004, le facteur d'émission moyen calculé sur la période 2008 – 2009 est appliqué à la production de clinker aluminaté qui représente entre 3% et 4% de la production nationale de clinker (méthode appliquée : rang GIEC 2).
- De 2004 à 2016, les déclarations annuelles sont utilisées [19] (les émissions induites par les poussières de by-pass sont intégrées) (méthode appliquée : rang GIEC 3).

Les facteurs d'émission résultants pour la décarbonatation de la production de clinker aluminaté sont présentés dans la base de données OMINEA (pour toutes les années).

La variation des facteurs d'émission est liée à la teneur en carbone dans la matière première.

Autres types de ciments

Les sites de production de ciment classique, au nombre de 25, n'existent qu'en France métropolitaine.

La méthodologie mise en œuvre est la suivante. Elle permet d'assurer une cohérence temporelle sur l'ensemble de la période.

- Avant 2004, ne disposant pas des déclarations annuelles des exploitants, plusieurs estimations sont effectuées pour chacune des trois sources et les émissions finales correspondent à la somme de ces trois sources :
 - Tout d'abord, les émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières sont estimées par année sur la base du facteur d'émission de 525 kg/t clinker [348 – annexe VI] et de la production relative aux autres types de clinker.
 - Par ailleurs, une fois cette première source quantifiée, les émissions de CO₂ induites par la calcination totale ou partielle des poussières sont estimées sur la base d'un ratio de 0,4% des émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières. Ce ratio est déterminé à partir des données rapportées pour l'année 2009 par les exploitants [19].
 - Enfin, les émissions de CO₂ induites par le carbone non issu des carbonates de la farine crue sont estimées sur la base d'un ratio de 1,1% des émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières. Ce ratio est déterminé à partir des données rapportées pour l'année 2009 par les exploitants [19].
- De 2004 à 2007, les déclarations annuelles [19] sont utilisées et les émissions de chaque site sont corrigées (majoration) pour tenir compte du carbone non issu des carbonates de la farine crue et des poussières de four et de by-pass qui ne sont pas estimées par les exploitants durant cette période dans leurs déclarations (méthode appliquée : mix entre les rangs GIEC 2 et 3). Les émissions déclarées sont donc majorées à partir d'un ratio déterminé avec les données rapportées pour l'année 2009 par les exploitants [19] :
 - majoration de 1,1% des émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières pour estimer les émissions induites par le carbone non issu des carbonates de la farine crue,
 - majoration de 0,4% des émissions induites par la calcination des carbonates dans les matières premières pour estimer les poussières de four et celles de by-pass.
- A partir de 2008, les déclarations annuelles [19] comprennent la totalité des éléments relatifs à la décarbonatation pour les installations concernées (méthode appliquée : rang GIEC 3).

Le tableau suivant présente une synthèse des différentes méthodes mises en œuvre depuis 1990.

Tableau 1 : Méthodologies d'estimation des émissions liées à la production de ciment

| | Ciment aluminaté | Autres types de ciment |
|------------------|--|--|
| Avant 2004 | Utilisation du facteur d'émission de CO ₂ moyen déterminé sur la période 2008-2009 appliqué sur la production de ciment aluminaté. | Utilisation du facteur d'émission 525 kg/t de clinker majoré des poussières by-pass et de la farine crue appliquée sur la production relative aux autres types de ciment. |
| De 2004 à 2007 | Utilisation des émissions issues des déclarations individuelles des industriels majorées des émissions des poussières issues de la farine crue (site ne disposant pas de by-pass). | Utilisation des émissions issues de déclarations individuelles des industriels (quotas) majorées des émissions de poussières de by-pass et de la farine crue. |
| A partir de 2008 | Utilisation des émissions issues des déclarations individuelles des industriels (site ne disposant pas de by-pass et farine crue inclus). | Utilisation des émissions issues des déclarations individuelles des industriels (quotas) (les émissions induites par les poussières de by-pass et farine crue sont déjà incluses). |

Les facteurs d'émission résultants pour la décarbonatation de la production des autres types de production de clinker et pour l'ensemble de la production de ciment sont présentés dans la base de données OMINEA (pour toutes les années).

Emissions de CH₄

Il n'y a pas d'émission attendue.

Emissions de N₂O

Il n'y a pas d'émission attendue.

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue.

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

Emissions de particules

Concernant les émissions, le facteur d'émission de référence est celui du guide EMEP, chapitre 2A1 (partie 3.2.2) [1064]. Il est mentionné dans le Guidebook EMEP que les facteurs d'émission présentés dans la table 3.1 incluent les émissions additionnelles provenant de la manipulation des produits et des matières premières. Toutefois, la source des facteurs d'émission de particules utilisée est le document BREF de la production de ciment et de chaux (table 1.23). Dans le document du BREF, la table 1.23 fournit des résultats d'émission pour des fours à ciment européens et il est également mentionné que les résultats correspondent à des mesures de poussières en continu et qu'ils dépendent de l'équipement de réduction mis en place. Il en est déduit que le facteur d'émission présenté dans le BREF se réfère uniquement aux fours et n'intègre donc pas les émissions complémentaires relatives à la manipulation des produits et matières premières.

Les émissions de particules relatives aux fours sont incluses dans la section 1A2f-cement.

Les émissions de particules relatives à la manipulation des produits minéraux sont prises en compte dans le chapitre 2A5-mineral product handling.

Figure 2 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de CO₂ de la production de ciment (décarbonatation) - Hors ciment aluminaté

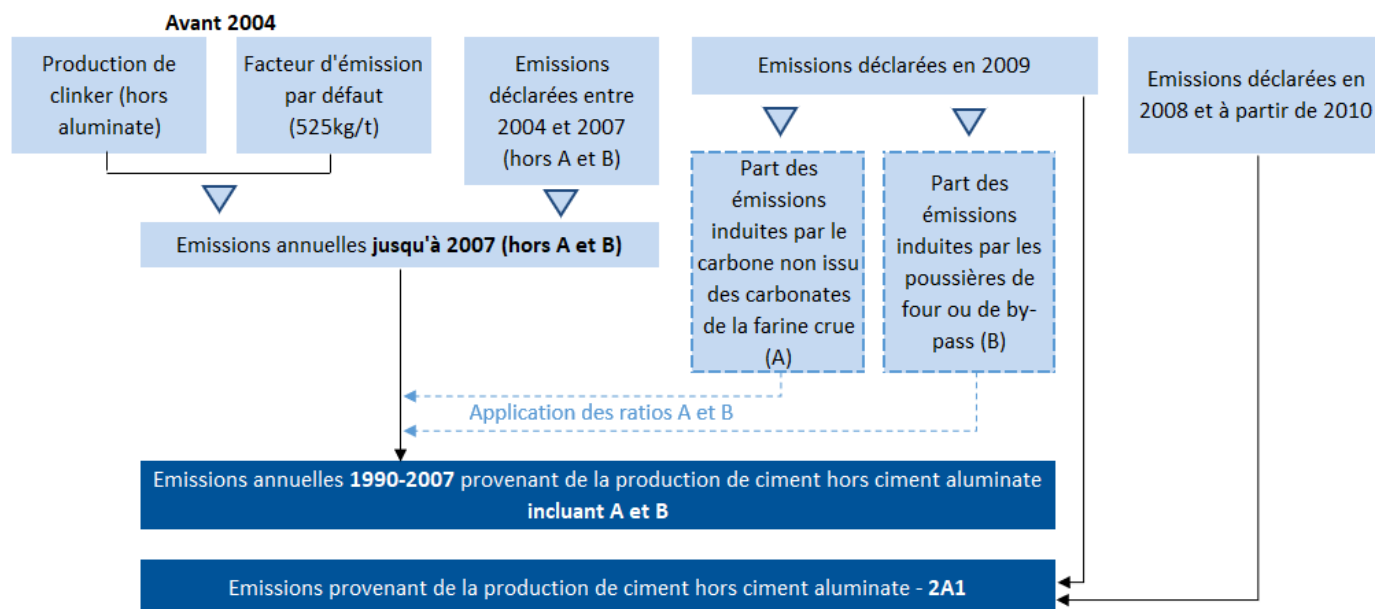
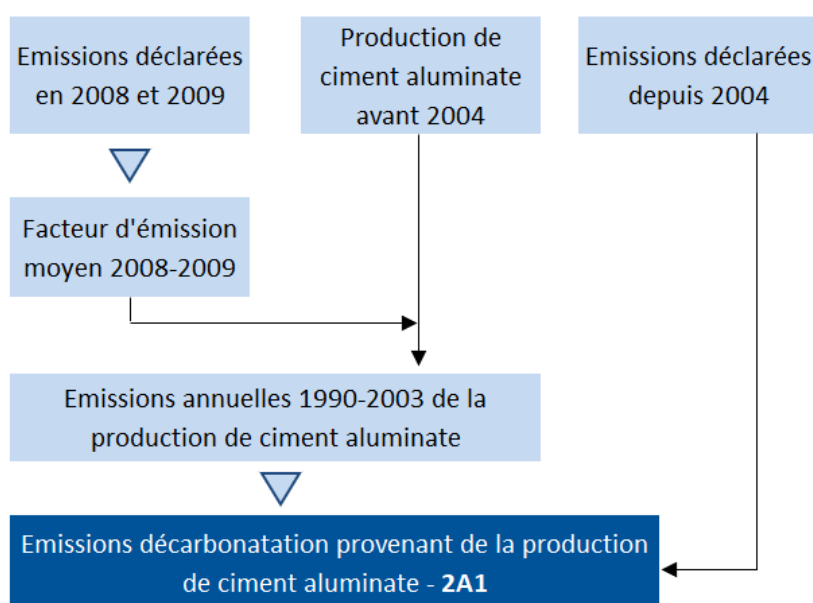


Figure 3 : Logigramme des processus d'estimation des émissions de CO₂ de la production de ciment (décarbonatation) - Ciment aluminaté



Les émissions totales du secteur correspondent à la somme des émissions « ciment hors aluminaté » et « ciment aluminaté ».

| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 28/01/2025 | AT | 31/01/2025 | VM |

Production de chaux (décarbonatation)

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

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|---|
| CCNUCC / CRT | 2A2 |
| CEE-NU / NFR | - |
| SNAPc (extension Citepa) | 040614 |
| 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 de chaux aérienne et magnésienne provenant de la profession (Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes) | Facteur d'émission de la chaux aérienne et magnésienne déterminé par réaction chimique (valeur stœchiométrique ou valeur mesurée par les sites industriels) et prise en compte des émissions induites par les poussières de by-pass |
| Production de chaux hydraulique provenant de la profession (ATILH) ou des déclarations des sites | Facteur d'émission de la chaux hydraulique déterminé à partir des émissions connues pour l'ensemble des sites de production de chaux hydraulique |
| Production de chaux du secteur du raffinage en sucrerie | Facteur d'émission de la chaux produite par les sucriers déterminé selon la stœchiométrie de la réaction chimique |

Niveau de méthode :

Chaux aérienne et magnésienne : niveau GIEC 1 avant 2000 et niveau 2/3 à partir de 2000 (données individuelles en partie)

Chaux hydraulique : niveau GIEC 2/3 avant 2005 et niveau 3 à partir de 2005 (données individuelles)

Chaux du secteur du raffinage en sucrerie : niveau GIEC 1

Références utilisées :

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

- [190] Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes – Statistiques annuelles de production de chaux grasses (aériennes) et magnésiennes
- [194] Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes – Données communiquées au Citepa en septembre 2003
- [195] ATILH – Données annuelles sur les émissions de l'ensemble des sites de chaux hydraulique
- [332] ANPEA (Association nationale professionnelle pour les engrais et amendements) – Résultats enquête amendements basiques - <http://www.anpea.com/>
- [527] SNFS (Syndicat National des Fabricants de Sucre) – Données internes, octobre 2012
- [614] Lignes directrices du GIEC – Version 2006 – Chapitre 2 : émissions dans l'industrie minérale – tableau 2.4
- [1068] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023 - Chapter 2A2 - Section 3.2.2 Default emission factors - Table 3.1

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

Dans le secteur de la production de chaux, trois types de production de chaux sont à distinguer :

- la production de **chaux aérienne**, également appelée chaux grasse ou chaux calcique et de **chaux magnésienne**. La chaux aérienne est principalement constituée d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium qui durcit lentement à l'air sous l'effet du CO₂ présent dans l'air. Elle prend en compte la chaux vive et la chaux éteinte.

La chaux magnésienne est constituée intégralement d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium et de magnésium. Elle résulte de la calcination de la dolomie.

Les données de production pour ces deux types de chaux proviennent de la fédération de la chaux [190] sur l'ensemble de la période. Les sites de production de chaux aérienne et magnésienne sont installés en France métropolitaine.

- la production de **chaux hydraulique**. La chaux hydraulique est produite par la calcination d'un calcaire plus ou moins argileux et siliceux avec réduction en poudre par extinction avec ou sans broyage. Elle est constituée d'hydroxyde de calcium, de silicates et d'aluminates de calcium.

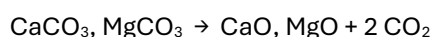
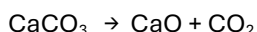
Il y a très peu de sites de production de chaux hydraulique en France métropolitaine : les quatre sites les plus importants soumis au système déclaratif annuel des rejets (plus que 3 sites depuis 2013) et deux autres plus petits sites.

La production pour les plus gros sites est connue via les déclarations individuelles [19] ou via des communications directes des sites. La production des deux autres plus petits sites est connue en 2004 à partir de données transmises par la profession [195]. En 2004, ces 2 sites représentent 3% de la production de chaux hydraulique totale. Ce pourcentage est conservé pour estimer la production sur l'ensemble de la période.

- la production de chaux dans le secteur de production de sucre de betteraves (auto-producteur). L'estimation de la quantité de CaCO₃ contenue dans les roches calcaires utilisées par les sucriers est basée sur la quantité de betterave traitée [332]. Une partie de la quantité de CaCO₃ se retrouve dans les écumes de sucrerie (ensuite réutilisées en agriculture comme amendement minéral basique). Un rendement de 98% de récupération des carbonates, pour estimer la quantité de CO₂ émise au niveau du site, est retenu. Cette valeur du rendement est basée sur une estimation prudente des possibles pertes au niveau de l'étape de carbonatation du jus de sucre. En effet, selon le point 10 de l'annexe IV du règlement 2018/2066 (sur la surveillance et déclaration des émissions de

CO₂ dans le cadre de l'EU ETS), « lorsque la chaux vive et le CO₂ issus du calcaire sont utilisés dans des procédés de purification [carbonatation du jus de sucre], de sorte qu'approximativement la même quantité de CO₂ se trouve à nouveau sous forme liée, il n'est pas nécessaire de faire figurer séparément la décomposition des carbonates et ledit procédé d'épuration dans le plan de surveillance de l'installation ». Cela signifie que les installations soumises à l'EU ETS qui produisent la chaux nécessaire à la production de sucre ne comptabilisent pas d'émission de décarbonatation pour la production de cette chaux. Afin d'éviter toute sous-estimation des émissions, des pertes de l'ordre de 2% sont comptabilisées, correspondant à des émissions à l'atmosphère.

Le CO₂ de la décarbonatation provient de la transformation du carbonate de calcium en oxyde de calcium (chaux aérienne) ou du carbonate double de calcium et de magnésium constituant la dolomie en chaux magnésienne :



Dans le cas de la production de la chaux hydraulique, tout le calcium ne peut pas être décarbonaté. Le facteur d'émission dépend de la chaux hydraulique produite et sera variable en fonction du site de production.

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

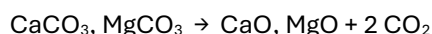
Emissions de CO₂

a. Chaux aérienne et magnésienne

Le facteur d'émission de CO₂ est déterminé à partir de la réaction chimique :



Le facteur d'émission pour la chaux calcique communiqué par la profession est de 785 kg CO₂ / t chaux calcique produite [194]. Ce facteur est également celui proposé dans le cadre de la directive quotas de gaz à effet de serre. Il correspond à la valeur stœchiométrique de la réaction chimique ci-dessus [614].



Le facteur d'émission pour la chaux dolomique est de 913 kg CO₂ / t chaux dolomique [614]. Il s'agit de la valeur stœchiométrique de la réaction chimique.

Toutefois, dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre, les industriels peuvent réaliser des mesures sur la teneur en carbone des pierres utilisées et de fait utiliser un facteur d'émission différent de celui obtenu par défaut.

Les éventuelles corrections effectuées pour tenir compte des impuretés conformément à la méthode appliquée dans le cadre du Système d'Echange de Quotas d'Emissions (SEQUE) sont prises en compte [19].

De plus, des émissions de CO₂ induites par les poussières de by-pass doivent être comptabilisées si le site dispose de cette technique.

D'après le règlement 2018/2066 relatif à la surveillance et la déclaration des émissions dans le cadre du SEQUE, deux méthodes de calcul sont possibles pour estimer les émissions de CO₂ de la production de chaux (annexe II, sections 4 et 5 et annexe IV, section 10) :

- méthode A basée sur la consommation des carbonates. Il est indiqué que dans ce cas, les émissions des poussières de by-pass ne doivent pas être ajoutées ;

- méthode B basée sur la production de chaux. Dans ce cas, si le site dispose d'un système de by-pass, alors le site doit comptabiliser les émissions de CO₂ liées aux poussières de by-pass.

Dans le cas des déclarations, pour la chaux aérienne/magnésienne [19] :

- neuf sites déclarent selon la méthode A
- sept sites déclarent selon la méthode B et parmi les 7 sites, uniquement 2 déclarent des émissions de CO₂ liées aux poussières de by-pass.

Deux périodes interviennent pour les sites de production de chaux aérienne/magnésienne :

Période après 2013

Les données proviennent des déclarations annuelles qui prennent en compte les émissions liées aux particules de by-pass pour les deux sites en question. Les émissions de CO₂ sont donc exhaustives.

Pour la partie surfacique, le calcul est basé sur un facteur d'émission moyen de l'année considéré.

Ainsi, on peut conclure que les émissions de CO₂ sont exhaustives (elles incluent selon les sites les émissions des poussières de by-pass).

Période 1990-2012

Avant 2013, les déclarations ne prennent pas en compte les poussières de by-pass. Il convient donc d'ajouter aux émissions déclarées les émissions liées aux particules de by-pass.

Pour les différentes années à partir de 2013, à partir des émissions de CO₂ liées aux poussières de by-pass pour les deux sites concernés, la part que représentent ces émissions sur les émissions totales est déterminée. Un ratio moyen calculé sur la période 2013/2016 est appliqué aux émissions de CO₂ déterminées via les déclarations et via la méthode mise en œuvre pour le surfacique : ce ratio est de 0,2%.

Ainsi, les méthodes de calcul des émissions de CO₂ pour ce secteur, dépendant de l'année, sont présentées sur le schéma ci-dessous. Les particularités méthodologiques associées par période sont explicitées ci-dessous. Dans tous les cas, une cohérence temporelle est assurée.

Tableau 2 : Niveau de méthodologie déployé dans l'estimation des émissions de CO₂ pour la production de chaux aérienne et magnésienne

| 1990 | 2004 | 2008 |
|--|---|---|
| Niveau GIEC Tier 1 | Niveau GIEC Tier 2 & 3 | Niveau GIEC Tier 2 & 3 |
| <p>P1 = Emissions CO₂ chaux = production nationale de chaux aérienne x 785 kg/t + production nationale de chaux magnésienne x 913 kg/t (valeurs stœchiométriques [614])</p> | <p>P1 = Emissions CO₂ chaux = Emissions CO₂ des déclarations annuelles (peu de sites) [19] + (production nationale chaux aérienne et magnésienne - production des sites utilisés en approche individuelle) x facteur d'émission moyen déterminé en 2004</p> | <p>P1 = Emissions CO₂ chaux = Emissions CO₂ des déclarations annuelles [19] + (production nationale chaux aérienne et magnésienne - production des sites utilisés en approche individuelle) x facteur d'émission moyen déterminé par année à partir des données déclarées</p> |
| <p>P2 = Emissions poussières de by-pass = P1 x 0,2% P3 = émissions CO₂ chaux totales = P1 + P2</p> | <p>P2 = Emissions poussières de by-pass = P1 x 0,2% P3 = émissions CO₂ chaux totales = P1 + P2</p> | <p>P2 = Emissions poussières de by-pass = P1 x 0,2% (uniquement de 2003 à 2012) P3 = émissions CO₂ chaux totales = P1 + P2</p> |

De 1990 à 2000, les émissions de CO₂ sont déterminées à partir des productions nationales annuelles par type de chaux (chaux aérienne et chaux magnésienne) et des facteurs stœchiométriques [614]. Une fois ces émissions calculées, il convient d'ajouter les émissions liées aux poussières de by-pass qui correspondent aux émissions déterminées précédemment auxquelles on applique le ratio de 0,2%.

De 2001 à 2002, les émissions de CO₂ induites par la décarbonatation sont connues pour un nombre très restreint de sites via les déclarations annuelles de polluants [19]. Pour les autres sites, les émissions correspondent au produit entre la

différence de la production nationale de chaux aérienne et magnésienne et de la production des sites utilisés en approche individuelle et du facteur d'émission moyen déterminé en 2004 (première année pour lesquelles des données individuelles sont plus complètes). Une fois ces émissions calculées, il convient d'ajouter les émissions liées aux poussières de by-pass qui correspondent aux émissions déterminées précédemment auxquelles on applique le ratio de 0,2%.

Depuis 2003, les émissions de CO₂ induites par la décarbonatation sont connues pour un nombre plus important de sites via les déclarations annuelles de polluants [19]. Pour les autres sites, les émissions correspondent au produit entre la différence de la production nationale de chaux aérienne et magnésienne et de la production des sites utilisés en approche individuelle et du facteur d'émission moyen déterminé annuellement à partir des données de CO₂ déclarées par les sites. Une fois ces émissions calculées, pour la période 2003-2012, il convient d'ajouter les émissions liées aux poussières de by-pass qui correspondent aux émissions déterminées précédemment auxquelles on applique le ratio de 0,2%.

Les facteurs d'émission obtenus pour l'ensemble de ce secteur sont dépendants de la qualité des pierres utilisées et du mix entre la chaux aérienne (i.e. chaux vive et chaux éteinte) et la chaux magnésienne. Ils sont présentés ci-après.

Tableau 3 : Facteurs d'émission du CO₂ associés à la décarbonatation dans la production de chaux aérienne et magnésienne

| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| FE CO ₂ (kg/t chaux aérienne et magnésienne) | 790 | 792 | 792 | 769 | 742 | 748 | 753 | 748 | 741 |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| FE CO ₂ (kg/t chaux aérienne et magnésienne) | 740 | 725 | 738 | 739 | 751 | 740 | 756 | 733 | 737 |

b. Chaux hydraulique

Tout le calcium n'étant pas décarbonaté dans le cas de la production de la chaux hydraulique, les émissions de CO₂ proviennent des données des industriels [19, 195].

Les émissions de CO₂ induites par la chaux hydraulique représentent entre 1,5 et 4 % des émissions totales.

Comme pour la chaux aérienne, le règlement 2018/2066 relatif à la surveillance et la déclaration des émissions dans le cadre du SEQE propose deux méthodes de calcul pour estimer les émissions de CO₂ de la production de chaux (annexe II, sections 4 et 5 et annexe IV, section 10) :

- méthode A basée sur la consommation des carbonates. Il est indiqué que dans ce cas, les émissions des poussières de by-pass ne doivent pas être ajoutées ;
- méthode B basée sur la production de chaux. Dans ce cas, si le site dispose d'un système de by-pass alors le site doit comptabiliser les émissions de CO₂ liées aux poussières de by-pass.

Depuis 2005, les émissions sont déterminées dans les déclarations [19] sur la base de la méthode A donc il ne convient pas d'ajouter les émissions des poussières de by-pass. Avant 2005, les émissions proviennent soit des données communiquées par les sites industriels, soit du calcul à partir de la production du site et du facteur d'émission déterminé pour 2005 pour le site en question.

Ainsi, on peut conclure que les émissions de CO₂ liées aux poussières de by-pass sont exhaustives pour la chaux hydraulique sur toute la série temporelle.

Les méthodes de calcul des émissions de CO₂ pour ce type de chaux sont présentées ci-dessous selon l'année considérée (cf. schéma ci-dessous et méthodologie associée). Dans tous les cas, une cohérence temporelle est assurée.

Tableau 4 : Méthodes de calcul des émissions de CO₂ pour la chaux hydraulique

| 1990 | 2004 | 2005 | Aujourd'hui |
|---|------|---|-------------|
| Niveau GIEC Tier 2 & 3 | | Niveau GIEC Tier 3 | |
| Emissions CO ₂ = communication directe des émissions de CO ₂ pour 2 sites [195] + production du site x facteur d'émission déterminé en 2005 pour ce site | | Emissions CO ₂ des déclarations annuelles [19] ou des communications des sites [195] | |

De 1990 à 2004, les émissions de CO₂ pour le secteur de la production de chaux hydraulique proviennent, d'une part, des données de CO₂ directement communiquées par certains sites industriels (2 sites) et, d'autre part, pour les autres sites, de la production des sites et du facteur d'émission déterminé pour l'année 2005 sur la base des déclarations ou des communications.

Depuis 2005, les émissions de CO₂ pour le secteur de la production de chaux hydraulique ne proviennent que des déclarations annuelles des industriels [19] ou des données communiquées par les sites [195].

c. Chaux produite par le secteur de la production de sucre de betteraves (autoproduction)

Dans le cas des sucreries, les émissions relatives à la production de chaux sont déterminées à partir de la quantité de chaux estimée et du facteur d'émission spécifique à ce secteur.

Comme il n'existe pas de données sur la consommation de roches des auto-producteurs en sucrerie, les données sont estimées à partir des informations connues sur les écumes de sucrerie.

La formule suivante est mise en œuvre pour estimer la production de chaux du secteur des sucreries :

Quantité de chaux produite (CaO) (t) = R1 x R2 / 100 x (masse molaire CaO / masse molaire CaCO₃) x quantité de betteraves produite brute (t) / 1000

soit

Quantité de chaux produite (CaO) (t) = R1 x R2 / 100 x (56,1/100,1) x quantité de betteraves produite brute (t) / 1000

Avec :

- R1 = 18 kg roche calcaire/ tonne betterave [527],
- R2 = 98% CaCO₃/roche calcaire (hypothèse retenue par le Citepa car pour le raffinage des betteraves, les roches calcaires doivent être de très grande qualité)

Le facteur d'émission de CO₂ est déterminé à partir de la réaction chimique suivante :



Un rendement de 98 % de récupération des carbonates dans les écumes des sucreries est retenu sur toute la période, afin d'estimer la quantité de CO₂ émis pour la production de chaux en sucreries. Les émissions estimées correspondent aux éventuelles pertes à l'atmosphère suite à l'injection de CO₂ pour la carbonatation du jus de sucre (élimination des impuretés).

Il convient de noter que le point 10 de l'annexe IV du règlement 2018/2066 indique qu'il n'y a pas d'émission comptabilisée « lorsque la chaux vive et le CO₂ issus du calcaire sont utilisés dans des procédés de purification, de sorte qu'approximativement la même quantité de CO₂ se trouve à nouveau sous forme liée ». Toutefois, pour éviter toute sous-estimation des émissions, une valeur de 2% de pertes est incluse dans le calcul, d'où la valeur de rendement égale à 98 %, comme mentionné plus haut.

Le facteur d'émission est donc déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$FE\ CO_2\ (kg/t\ chaux) = \text{masse molaire } CO_2 / \text{masse molaire } CaCO_3 \times 1000 \times (1 - 98/100)$$

Les émissions relatives à la production de chaux pour le raffinage des betteraves en sucrerie ne représentent qu'environ 0,2 % des émissions totales de ce secteur, selon les années.

Emissions de CH₄

Il n'y a pas d'émission attendue.

Emissions de N₂O

Il n'y a pas d'émission attendue.

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue.

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

Emissions de particules

Concernant les émissions de particules à prendre en compte dans le rapport IIR, le facteur d'émission de référence est celui du guide EMEP 2023, chapitre 2A2 (partie 3.2.2) [1068]. Il est mentionné dans le Guidebook EMEP que les facteurs d'émission présentés dans la table 3.1 incluent les émissions additionnelles provenant de la manipulation des produits et des matières premières. Toutefois, la source des facteurs d'émission de particules utilisée est le document BREF de la production de ciment et de chaux (table 1.23). Dans le BREF, la table 1.23 fournit des résultats d'émission pour des fours à ciment européens et il est également mentionné que les résultats correspondent à des mesures de poussières en continu et qu'ils dépendent de l'équipement de réduction mis en place. De fait, l'interprétation retenue dans l'inventaire français est que le facteur d'émission du BREF se réfère uniquement aux fours et n'intègre donc pas les émissions induites par la manipulation des produits et matières premières.

Les émissions de particules relatives aux fours sont incluses dans la section 1A2f-lime.

Les émissions de particules relatives à la manipulation des produits minéraux sont prises en compte dans le chapitre 2A5-mineral product handling.

| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 16/01/2025 | MC | 31/01/2025 | VM |

Production de verre (décarbonatation)

Ce paragraphe décrit la méthode de calcul des émissions induites par la décarbonatation du secteur de la production de verre.

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|--|
| CCNUCC / CRT | 2A3 |
| CEE-NU / NFR | - |
| SNAPc (extension Citepa) | 040613 |
| CE / directive IED | 3.3 (installations de capacité de production supérieure à 20 tonnes par jour) et 3.4 |
| CE / E-PRTR | 3e |
| CE / directive GIC | Hors champ |

Approche méthodologique :

| Activité | Facteurs d'émission |
|---|--|
| Production nationale de verre neuf définie comme la différence entre la production de verre totale (statistique nationale) moins la quantité de calcin externe (profession) | Facteur d'émission national pour le CO ₂ lié à la décarbonatation |

Niveau de méthode :

Rang GIEC 2 ou 3 selon les années.

Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [53] SESSI / INSEE – Bulletin mensuel de statistique industrielle
- [240] Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre – Communication de données internes
- [457] Fédération des industries du verre – Rapport d'activité annuel
- [1069] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023 - Chapter 2A3 - Section 3.2.2 Default emission factors - 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, 6 sites de production en activité.
- la production de verre creux (SNAP 030315) qui comporte les bouteilles et bombonnes, les flacons et les pots industriels, la gobeletterie et les bouchons. Le verre creux avec 31 sites en activité, est le poste le plus important dans la fabrication de verre puisqu'il représente plus de 60% de la production totale de verre en poids.
- la production de fibres de verre (en particulier laine de verre et fils de verre) (SNAP 030316) compte 9 sites en activité.
- la production de verre technique (SNAP 030317) qui regroupe en particulier, la lunetterie et l'optique, les ampoules, le verre pour télévision et radio, le verre de laboratoire, les isolateurs, compte 5 sites en activité.
- la production de fibre minérale (laine de roche) (SNAP 030318), uniquement 4 sites en activité.

Les sites de production de verre ne sont présents qu'en France métropolitaine.

Les sources de données relatives à la production qui ont été utilisées sont les suivantes :

- **Verre plat (030314)** : de 1990 à 2010, les données proviennent des statistiques du SESSI/INSEE [53]. Les statistiques de l'INSEE ne sont plus disponibles depuis 2011. Pour pallier ce problème, une production est estimée sur la base des déclarations individuelles des industriels [19] de l'année en cours et d'un ratio entre le total des déclarations individuelles et la donnée des statistiques relatives à l'année 2011. À partir de 2016, seules les déclarations individuelles des industrielles sont utilisées pour déterminer les niveaux de production [240].
- **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].
- **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].
- **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].
- **Fibre minérale (030318)** : depuis 2001, les données de production proviennent des déclarations individuelles des industriels [19]. Avant cette date, faute de données précises, il est fait l'hypothèse du maintien de la production de 2001 depuis la date de mise en activité de chaque site industriel.

La production de verre totale correspond à la somme de ces différentes productions. Les différentes étapes intervenant dans la fabrication du verre sont les suivantes :

- Le calcin, nécessaire à la fusion, est une matière première qui est, soit produite par l'installation (réutilisation du surplus de production, récupération des pièces rejetées par le contrôle qualité, etc.), soit récupérée à l'extérieur (recyclage du verre).
- Les matières premières utilisées lors de la fabrication de verre sont : la silice sous forme de sable, l'oxyde de sodium sous forme de carbonate, les éléments alcalino-terreux sous forme de chaux ou de dolomie.

- La fusion de ces matières premières ainsi que du calcin s'effectue, soit dans un four de combustion, soit dans un four électrique à une température de 1 550 °C.
- Le verre incandescent en fusion quitte le four pour passer dans l'avant bassin où il est amené à sa température de travail (500 °C).
- Il s'écoule ensuite par des goulottes jusqu'aux machines.

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

Emissions de CO₂

Les émissions de CO₂ de la décarbonatation dans la production de verre sont déterminées à partir du produit entre la production nationale de verre neuf et le facteur d'émission national.

Elles sont induites par l'utilisation de diverses matières premières telles que le calcaire, la dolomie, le carbonate de soude et le bicarbonate de soude.

La production de verre neuf est déterminée comme suit :

$$\text{Production de verre neuf} = \text{production de verre totale} - \text{quantité de calcin externe utilisée}$$

Les sources de données de production nationale par type de verre produit sont décrites ci-dessus.

La quantité de calcin externe utilisée est fournie annuellement par la Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre [457][240]

Le facteur d'émission établi à partir de données de la profession est de 185 kg CO₂/t verre neuf [240]. Ce facteur est supposé constant de 1990 à 2003 car les données permettant de connaître les variations annuelles ne sont pas disponibles.

A partir de 2004, les données disponibles dans le cadre du système d'échange des quotas de gaz à effet de serre [19] permettent d'apprécier les fluctuations annuelles. Le facteur d'émission est calculé à partir des déclarations annuelles des émissions de polluants [19]. Il se situe autour de la valeur fournie par la profession.

Emissions de CH₄

Il n'y a pas d'émission attendue.

Emissions de N₂O

Il n'y a pas d'émission attendue.

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue.

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

Emissions de particules

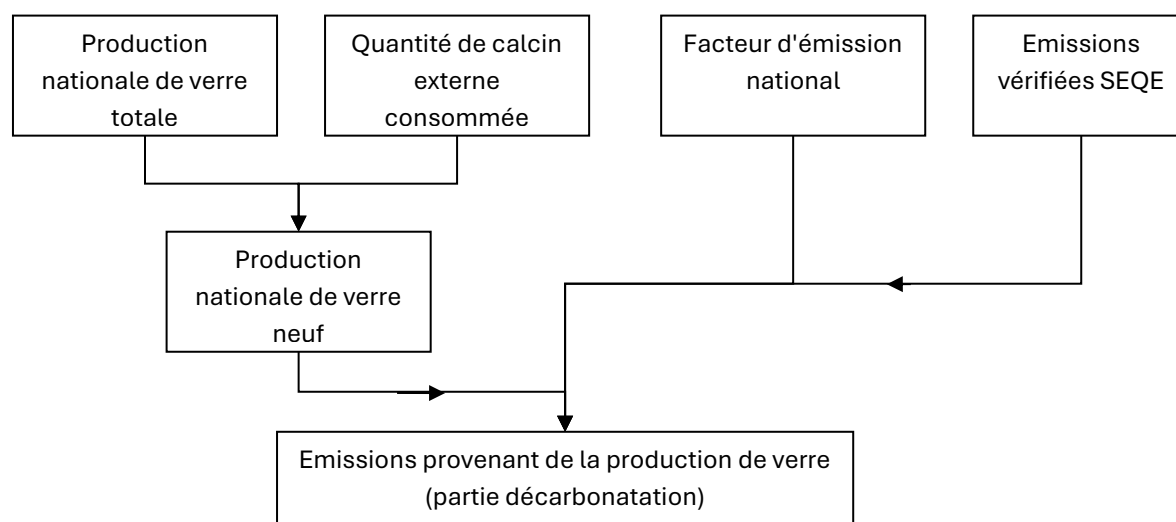
Concernant les émissions de particules, le facteur d'émission de référence est celui du guide EMEP 2023, chapitre 2A3 (partie 3.2.2) [1069]. Il est mentionné dans le Guidebook EMEP que les facteurs d'émission présentés dans la table 3.1

incluent les émissions additionnelles provenant des activités qui ne sont pas liées au four. Toutefois, la source des facteurs d'émission de particules utilisée est le document BREF de la production de verre (table 3.1) -version 2008. Seule la dernière version de 2012 est actuellement disponible (la version de 2008 n'est pas disponible). Dans le document du BREF -version 2012, la table 3.14 fournit des résultats d'émission pour des fours à verre creux avec et sans système d'abattement des particules. Il en est déduit que le facteur d'émission présenté dans le BREF se réfère uniquement aux fours et n'intègre donc pas les émissions complémentaires relatives aux autres activités comme la manipulation des produits et matières premières.

Les émissions de particules relatives aux fours sont incluses dans la section 1A2f-glass.

Les émissions de particules relatives à la manipulation des produits minéraux sont prises en compte dans le chapitre 2A5 « mineral product handling ».

Figure 4 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de CO₂ relatives à la décarbonatation dans la production de verre.



| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 27/12/2022 | EF | 29/01/2023 | JV |

Autres procédés avec décarbonatation

Ce paragraphe permet d'introduire la méthode de calcul des différentes sources émettrices de CO₂ en termes de décarbonatation qui ne sont pas comptées dans d'autres secteurs.

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|---------------------|
| CCNUCC / CRT | 2A4d |
| CEE-NU / NFR | - |
| SNAPc (extension Citepa) | 040631 |
| CE / directive IED | Plusieurs rubriques |
| CE / E-PRTR | Plusieurs rubriques |
| 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 GIEC 3

Références utilisées :

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

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

Afin d'assurer la totale exhaustivité dans la prise en compte des émissions de CO₂ induites par l'utilisation de matières carbonées et carbonatées, une analyse fine de l'ensemble des 10 000 installations françaises soumises au système déclaratif a été réalisée afin de définir l'ensemble des secteurs utilisateurs de carbonates.

Les émissions de CO₂ sont donc prises en compte pour chacun de ces secteurs utilisateurs, soit dans ce code CRT, soit dans un autre code CRT tel que mentionné ci-après.

Il ressort de cette analyse que les secteurs utilisateurs de carbonates ou matières carbonées sont les suivants :

- fonderie de fonte (CRT 2C7)
- émail (CRT 2A4d)
- papier (CRT 2H1)
- technique de désulfuration sur certaines usines de chauffage urbain et centrales thermiques avec utilisation de calcaire, de carbonate de calcium ou de bicarbonate de sodium (CRT 2G4)
- utilisation d'urée par les systèmes de traitement des NOx (déNOx) de type SCR (Réduction sélective catalytique) par certaines centrales thermiques (CRT 2D3d),
- dolomie pour produire du magnésium (CRT 2C7)
- matières carbonées utilisées sur certains sites chimiques (CRT 2B10)
- sidérurgie – castine en agglomération (CRT 2C1a) et sidérurgie – utilisation de carbonates dans les aciéries électriques (CRT 2C1f)
- installation de métaux non ferreux (production de zinc) (CRT 2C6)
- installation silicium et ferro-silicium (CRT 2C7)
- verrerie (CRT 2A3)
- chaux (CRT 2A2)
- ciment (CRT 2A1)
- tuiles/briques (CRT 2A4a)
- céramique (CRT 2A4a)

De plus, pour construire des routes, des matières calcaires et de la dolomie sont utilisées [762]. Toutefois, compte tenu du niveau des températures dans les sécheurs des centrales d'enrobage (maximum 200°C), il n'est pas attendu d'émission de CO₂ induites par la décarbonatation car ce phénomène se produit pour des températures avoisinant 800°C.

Production d'émail

L'émail est un mélange de silice, de minium, de potasse et de soude. Par la fusion à haute température de ces différents éléments suivie d'un broyage, est obtenue 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 degrés. L'or, l'argent, le cuivre, l'acier peuvent constituer le support de toute pièce émaillée.

Comme indiqué en préambule, les émissions visées dans cette section sont celles liées au phénomène de décarbonatation dans les installations de production d'émaux.

En France, il y a très peu de sites de production d'émail. Seuls deux de ces sites sont soumis à la déclaration annuelle des rejets de polluants atmosphériques du fait de leur taille. Un seul de ces deux sites met en œuvre des matériaux engendrant une décarbonatation. Ce site est fermé depuis avril 2010.

Les données de production nationales sont connues pour les sites de production d'émail via la déclaration annuelle de polluants [19] depuis 2004. Avant cette date, faute de données, la production est supposée être celle de 2004. L'ensemble des données de production est confidentiel.

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

Emissions de CO₂

Production d'émail

De 1999 à 2010, les émissions de CO₂ sont disponibles pour les sites de production d'émail via la déclaration annuelle de polluants [19]. Avant cette date, faute de données, le facteur d'émission déterminé en 1999 est reporté afin de déterminer les émissions de CO₂.

Emissions de CH₄

Il n'y a pas d'émission attendue.

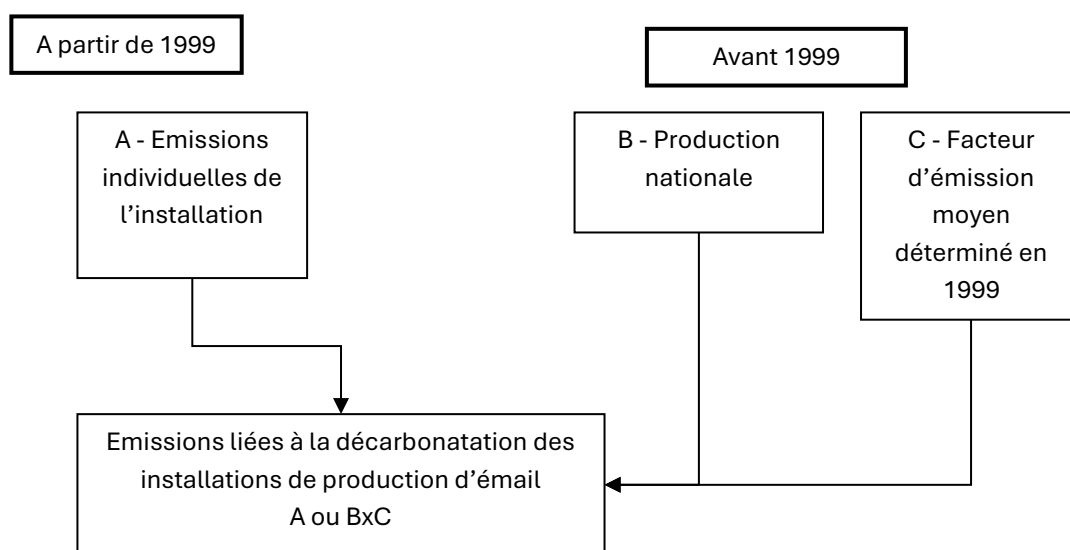
Emissions de N₂O

Il n'y a pas d'émission attendue.

Emissions de Gaz fluorés

Il n'y a pas d'émission attendue.

Figure 5 : Logigramme du processus d'estimation des émissions – Production d'émail



| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 20/01/2025 | CV | 31/01/2025 | VM |

Utilisation du carbonate de sodium et du bicarbonate de sodium

Cette section traite des émissions liées à l'utilisation du carbonate de sodium et du bicarbonate de sodium.

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|--------------|
| CCNUCC / CRT | 2.A.4 |
| CEE-NU / NFR | - |
| SNAPc (extension Citepa) | 040619 |
| CE / directive IED | 4.2.d |
| CE / E-PRTR | 4biv |
| CE / directive GIC | (hors champ) |

Approche méthodologique :

| Activité | Facteurs d'émission |
|---|-------------------------------|
| Production totale nationale, imports et exports | Facteur d'émission par défaut |

Niveau de méthode :

CO₂ : Rang 1

Références utilisées :

- [19] Base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) – Déclarations annuelles des émissions de polluants
- [240] Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre – Communication de données internes
- [244] GIEC – Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 2 - Edition 1996 page 2.8
- [685] Direction générale des douanes et droits indirects – Données imports/exports

Caractéristiques de la catégorie (NID) :

Le carbonate de sodium est principalement utilisé dans l'industrie du verre, dans l'industrie de la détergence (agent de blanchiment) et dans l'industrie chimique. Le bicarbonate de sodium est quant à lui utilisé dans l'industrie de la détergence, mais également pour des usages alimentaires ou médicaux.

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

Le carbonate de sodium et le bicarbonate de sodium sont consommés dans de nombreux secteurs dont certains sont comptabilisés spécifiquement dans l'inventaire.

Les quantités de carbonate et bicarbonate de sodium font l'objet de calculs d'émissions prises en compte dans les secteurs émetteurs suivants :

- L'industrie du verre,
- Les autres secteurs mettant en œuvre de la décarbonatation (autres métaux non ferreux, industrie cimentière, etc.)

Afin d'assurer la complétude de l'inventaire, la quantité prise en compte pour l'utilisation de carbonate de sodium et bicarbonate de sodium est calculée à partir de la quantité produite de ces deux éléments à laquelle les imports sont ajoutés et les exports soustraits, correspondant ainsi à la consommation nationale.

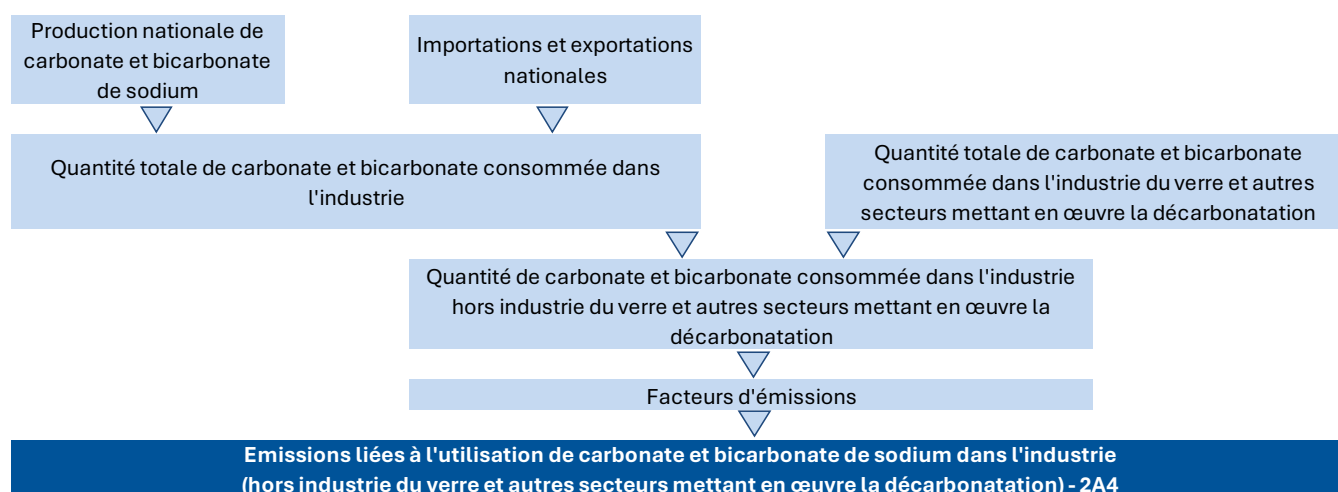
Pour éviter les doubles comptes dans le calcul des émissions, les quantités de carbonate et bicarbonate de sodium utilisées dans les secteurs précédemment cités sont retirées de la consommation nationale. Ainsi, connaissant les quantités de carbonate et de bicarbonate de sodium utilisées dans l'industrie du verre [240] et les autres secteurs, les quantités à prendre en compte sont déduites.

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

Emissions de CO₂

Les émissions de CO₂ sont déterminées au moyen de facteurs d'émission par défaut issus des lignes directrices du GIEC [244].

Figure 6 : Logigramme du processus d'estimation des émissions liées à l'utilisation de carbonate et bicarbonate de sodium dans l'industrie (hors industrie du verre et autres secteurs mettant en œuvre la décarbonatation) – 2A4



| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 20/01/2025 | SU | 31/01/2025 | VM |

Production de céramiques fines

Cette section concerne uniquement les émissions liées au processus de décarbonatation dans les installations de production de céramiques fines. La partie relative à la combustion des installations de production de céramiques fines est traitée dans la section relative à la combustion dans l'industrie manufacturière.

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|---|
| CCNUCC / CRT | 2.A.4-a |
| CEE-NU / NFR | - |
| SNAPc (extension Citepa) | 040629 |
| 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 m³) |
| CE / E-PRTR | 3g |
| CE / directive GIC | Hors champ |

Approche méthodologique :

| Activité | Facteurs d'émission |
|--|---|
| Production nationale de céramiques fines | Facteur d'émission CO ₂ national de décarbonatation ou données spécifiques des installations |

Niveau de méthode :

Rang GIEC 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
- [251] Confédération des Industries céramiques de France – Chiffres clés de la profession -statistiques annuelles (confidentielles)
- [1191] Commission européenne - Règlement d'exécution (UE) 2018/2066 de la Commission du 19 décembre 2018 relatif à la surveillance et à la déclaration des émissions de gaz à effet de serre au titre de la directive 2003/87/CE du Parlement européen et du Conseil et modifiant le règlement (UE) n° 601/2012 de la Commission

Caractéristiques de la catégorie (spécifique NID) :

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, jaune/rouge par le fer, brun par le manganèse, rose/pourpre par le chlorure d'or.

Méthode générale d'estimation des émissions :

Le CO₂ lié à la décarbonatation de ce secteur d'activité provient de la calcination du calcaire, de la dolomie et des autres carbonates présents dans les matières premières, ainsi que du calcaire et des autres carbonates utilisés pour la réduction des émissions de polluants atmosphériques, et des additifs organiques.

Les émissions sont, soit déclarées directement [19], soit recalculées à partir de la production et d'un facteur d'émission par défaut [1191].

La production nationale de céramiques fines provient de la Confédération des Industries céramiques de France [251]. A partir de 2013, la valeur de production nationale n'est plus communiquée par la Confédération. Afin d'estimer la production nationale, le ratio moyen « production nationale / somme des productions déclarées par les sites industriels » de la période 2004 à 2012 est appliqué à la somme des productions déclarées chaque année depuis 2013 par les sites industriels.

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

Emissions de CO₂

Le CO₂ lié à la décarbonatation a une provenance chimique et il provient de la transformation du calcaire (CaCO₃) en CO₂ et en chaux (CaO) selon la réaction chimique :



Plusieurs méthodologies sont mises en œuvre en fonction des années :

- A partir de 2013, les émissions déclarées pour certains sites via les déclarations annuelles de polluants [19] sont utilisées. Pour le reste de la production nationale, le facteur d'émission par défaut proposé par la Commission européenne [1191] est appliqué. Un facteur d'émission national moyen est ainsi déterminé en sommant les émissions, ramenées ensuite à la production nationale.

- De 1990 à 2012, faute de données, le facteur d'émission appliqué est le facteur moyen national déterminé en 2013, sur la base de l'ensemble des émissions qui proviennent, soit des déclarations annuelles [19], soit calculées à partir du facteur par défaut proposé par la Commission européenne [1191] et de la production restante.

Certains des sites déclarant leurs émissions annuelles de polluants [19] sont des sites soumis au système de quotas (SEQE-UE). Ces émissions déclarées sont vérifiées par un vérificateur indépendant, assurant ainsi un niveau qualitatif plus élevé sur les émissions déclarées.

Emissions de CH₄

Non concerné.

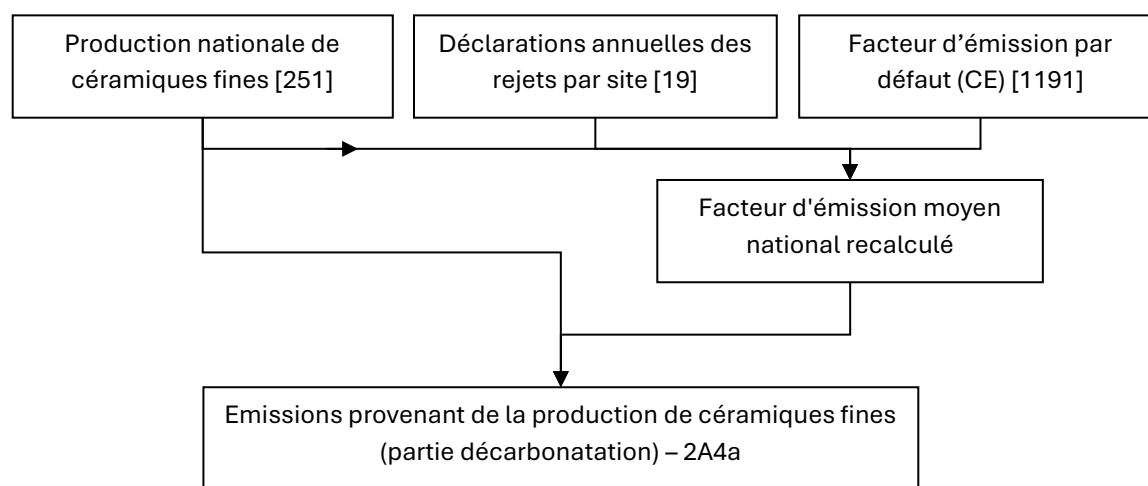
Emissions de N₂O

Non concerné.

Emissions de Gaz fluorés

Non concerné.

Figure 7 : Logigramme du processus d'estimation des émissions de la production de céramiques fines



| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 27/12/2022 | EF | 29/01/2023 | JV |

Production de tuiles et briques

Cette section concerne uniquement les émissions de CO₂ liées au phénomène de décarbonatation dans les installations de production de tuiles et briques. La partie relative aux émissions provenant de la combustion dans les installations de production de tuiles et briques est traitée dans la section relative à la combustion dans l'industrie manufacturière.

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|--|
| CCNUCC / CRT | 2.A.4a |
| CEE-NU / NFR | - |
| SNAPc (extension Citepa) | 040628 |
| 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 ³) |
| CE / E-PRTR | 3g |
| CE / directive GIC | Hors champ |

Approche méthodologique :

| Activité | Facteurs d'émission |
|---|---|
| Production nationale de tuiles et briques | Facteur d'émission CO ₂ national de décarbonatation ou données spécifiques des installations |

Niveau de méthode :

Rang GIEC 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
- [241] FFTB (Fédération Française des Tuiles et Briques) – statistiques annuelles
- [242] CTTB (Centre Technique des Tuiles et Briques) – Données internes
- [467] Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC) – Données internes relatives à la composition des matériaux, 2011

Caractéristiques de la catégorie :

La fabrication de tuiles et briques se décompose en plusieurs étapes :

La matière première est extraite des carrières.

Un mélange constitué de 20% d'argile jaune et 80% d'argile noire est passé au broyeur puis stocké pendant trois semaines afin de lui assurer une parfaite malléabilité.

De l'eau et des produits complémentaires tels que du calcaire sont ajoutés à l'argile.

Une mouleuse constitue ensuite des galettes qui sont emmenées vers des moules types.

Les tuiles formées sont ensuite séchées dans un sécheur tunnel pendant 12 heures à une température de 85°C.

De couleur rouge grâce à l'oxyde de fer très présent dans l'argile, les tuiles peuvent être colorées avec des pigments d'origine naturelle par exemple.

Les tuiles sont ensuite cuites pendant 21 heures dans des fours tunnel. La température peut atteindre environ 1 100°C.

Méthode générale d'estimation des émissions :

Le CO₂ lié à la décarbonatation de ce secteur d'activité provient de la calcination du calcaire contenu dans les argiles utilisées, ou ajouté aux matières premières (notamment dans le cas d'argile ferrugineuse pour réduire la dilatation à l'humidité [467]). La teneur en calcaire des argiles utilisées dans le procédé de fabrication varie en fonction du lieu d'extraction. Il peut aller de 0% (argile ferrugineuse) à 23% (argile très calcaire).

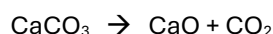
Les émissions sont, soit déclarées directement [19], soit recalculées à partir de la production et d'un facteur d'émission national [242].

La production nationale de tuiles et briques provient de la Fédération des Tuiles et Briques [241] et des déclarations annuelles [19].

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

Emissions de CO₂

Le CO₂ de la décarbonatation a une provenance chimique et il provient de la transformation du calcaire (CaCO₃) en CO₂ et en chaux (CaO) selon la réaction chimique :



Plusieurs méthodologies sont mises en œuvre en fonction des années :

- De 1990 à 2003, le facteur d'émission utilisé est celui communiqué par la profession [242], appliqué à la production nationale [241].
- A partir de 2004, les émissions sont déterminées en utilisant les déclarations annuelles de polluants [19] et, pour le reste de la production, en utilisant le facteur d'émission de la profession [242].

La plupart des sites déclarant leurs émissions annuelles de polluants [19] sont des sites soumis au SEQUE-UE. Ces émissions déclarées sont vérifiées par un vérificateur indépendant, assurant ainsi un niveau qualitatif plus élevé des estimations réalisées. Par ailleurs, un contrôle de cohérence est effectué entre les émissions déclarées par les sites soumis au SEQUE-UE et le calcul effectué avec le facteur d'émission communiqué par la profession [242].

Emissions de CH₄

Non concerné.

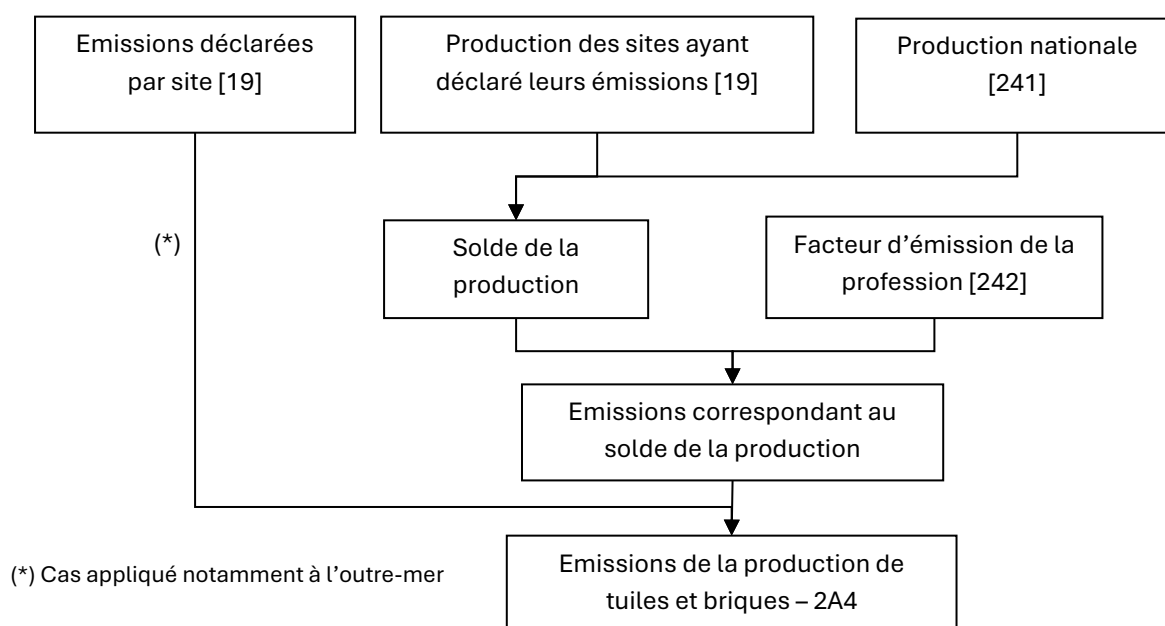
Emissions de N₂O

Non concerné.

Emissions de Gaz fluorés

Non concerné.

Figure 8 : Logigramme du processus d'estimation des émissions liées à la production de tuiles et briques



| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 21/01/2025 | RK | 31/01/2025 | VM |

Stockage et manipulation des produits minéraux

Cette section décrit les émissions de particules induites par le stockage et la manipulation de produits minéraux. Seules les émissions de particules sont générées par cette activité.

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|------------|
| CCNUCC / CRT | - |
| CEE-NU / NFR | 2A5c |
| SNAPc (extension Citepa) | 040617 |
| CE / directive IED | Hors champ |
| CE / E-PRTR | Hors champ |
| CE / directive GIC | Hors champ |

Approche méthodologique :

| Activité | Facteurs d'émission |
|---------------------------------|--|
| Production de produits minéraux | Facteur d'émission provenant de la littérature |

Niveau de méthode :

Rang 2

Références utilisées :

- [190] Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes – Statistiques annuelles de production de chaux grasses (aériennes) et magnésiennes
- [218] SFIC (Syndicat Français de l'Industrie Cimentière) – données annuelles de production de clinker et de ciment
- [241] FFTB (Fédération Française des Tuiles et Briques) – Statistiques annuelles
- [251] Confédération des Industries céramiques de France – Chiffres clés de la profession - statistiques annuelles (confidentielles)
- [364] Syndicat National des Industries du Plâtre – communication de données internes relatives à la production annuelle
- [457] Fédération des industries du verre – Rapport d'activité annuel
- [1070] EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook 2023 - Chapter 2A5c - storage, handling and transport of mineral products

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

La liste des productions de produits minéraux prises en compte est la suivante :

- Production de ciment (il semble plus pertinent de retenir la production de ciment et non de clinker car des ajouts de matériaux sont faits entre ces deux produits). Les données de production de ciment proviennent de la fédération de l'industrie cimentière [218] ;
- Production de plâtre. Les données de production de plâtre proviennent de la fédération de l'industrie du plâtre [364] ;
- Production de tuiles et briques. Les données de production de tuiles et briques proviennent de la fédération des tuiles et briques [241] ;
- Production de céramique. Les données de production de céramique proviennent de la fédération des céramiques [251] ;
- Production de chaux (uniquement chaux hydraulique et aérienne/magnésienne, la production de chaux des sucreries n'est pas retenue). Les données de production de chaux de la fédération des chaux grasses et magnésiennes [190] ;
- Production de verre (afin de ne pas double-compter les émissions, le calcin externe n'est pas pris en compte donc la production retenue correspond à la production de verre neuf telle que retenue pour le procédé du verre 2A3). Les données de production de verre et de calcin externe proviennent de la fédération du verre [457].

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

Le stockage et la manipulation des produits minéraux ne génèrent pas d'émissions de gaz à effet de serre.

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

Les émissions présentées dans cette section sont celles relatives au stockage et à la manipulation des produits minéraux.

Seules des émissions de particules sont générées.

Emissions de particules

Le Guidebook EMEP 2023 [1070] précise en son chapitre 2A5c (stockage, manipulation et transport de produits minéraux) les sources d'émission de particules à retenir (méthode Tier 2), à savoir le stockage des produits et la manipulation.

Stockage de produits minéraux

Pour le stockage des produits minéraux, le facteur d'émission de particules est exprimé par t/ha/an. Aucune information existe sur les types et surfaces de stockage. De plus, le Guidebook EMEP 2023 n'est pas suffisamment clair pour savoir si cette source est à quantifier séparément. Ainsi, compte tenu de ces incertitudes, les émissions du stockage des produits minéraux ne sont pas quantifiées.

Manipulation de produits minéraux

Pour la manipulation des produits minéraux, la table 3.4 du chapitre 2A5a du Guidebook EMEP 2023 [1070] fournit les facteurs d'émission des particules liées à la manipulation des produits minéraux. Les produits minéraux retenus sont ceux présentés précédemment. Toutefois, la donnée d'activité correspond à la quantité de matériaux manipulés (matières premières), c'est-à-dire à la quantité de matériaux produits faute de données sur les quantités de matières premières.

Les facteurs d'émission sont ceux présentés dans le Guidebook EMEP/EEA 2023 [1070–tier 2]. Ils sont présentés dans le tableau suivant. Pour les $PM_{1,0}$, il est fait l'hypothèse que le facteur d'émission est le même que celui des $PM_{2,5}$.

Tableau 5 : Facteurs d'émission de particules pour la manipulation de produits minéraux

| | Facteur d'émission (g/t produits minéraux) |
|------------------------------|---|
| TSP | 12 |
| PM_{10} | 6 |
| $PM_{2,5}$ | 0,6 |
| $PM_{1,0}$ | 0,6 |

| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 21/01/2025 | RK | 31/01/2025 | VM |

Chantiers et BTP

Cette section concerne les émissions engendrées par les chantiers de BTP à l'exception des engins motorisés couverts par la section relative à la combustion des sources mobiles.

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|--------------|
| CCNUCC / CRT | - |
| CEE-NU / NFR | 2.A.5 |
| SNAPc (extension Citepa) | 04.06.24 |
| CE / directive IED | (hors champ) |
| CE / E-PRTR | (hors champ) |
| CE / directive GIC | (hors champ) |

Approche méthodologique :

| Activité | Facteurs d'émission |
|---|---|
| Superficie des chantiers de travaux publics et superficie des bâtiments en chantier | Facteurs d'émission par défaut avec des caractéristiques nationales |

Niveau de méthode :

Rang 1.

Références utilisées :

- [49] TNO - Etude CEPMEIP relative aux émissions de particules, 2001
- [66] EPA – AP42. Janvier 1995
- [68] OFEFP – Mesures pour la réduction des émissions de PM₁₀. Document Environnement n°136 - juin 2001
- [81] EPA - Reconciling urban fugitive dust emissions inventory and ambient source contribution estimates: summary of current knowledge and needed research - Desert Research Institute - May 2000
- [103] AEAT – source apportionment of airborne particulate matter in the UK (70 to 96, PM₁₀ - PM_{2,5} - PM_{0,1}), third report of the quality of urban air review group – January 1999
- [197] MAP/SCEES - Publications Agreste. "L'utilisation du territoire".
- [282] Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP), communication personnelle, octobre 2006
- [559] Service statistique du Ministère en charge de l'environnement - SDES (ex SOeS et ex Observatoire de l'énergie) – Logement et construction Sit@del2 (publication annuelle)
- [1277] Données et études statistiques du Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires – Base de diffusion des données Dido – Listes des permis de construire et autres autorisations d'urbanisme.

Caractéristiques de la catégorie (IIR) :

L'activité des chantiers de BTP correspond à la construction d'immeubles, de maisons, de routes, etc. Les émissions des engins motorisés sont exclues de cette section et sont couvertes par la section relative à la combustion des sources mobiles.

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

En France, les superficies en chantier sont rapportées annuellement par l'enquête de l'AGRESTE [197] jusqu'en 2008. Les surfaces fournies concernent les routes et gros œuvres ainsi que les autres petits chantiers. Après cette date et jusqu'à 2022, la surface des bâtiments est délivrée par le SDES via la base de données sit@del2 [559]. A partir de l'année 2023, les données de surface sont récupérées depuis la nouvelle base de diffusion de données Dido [1277]. Un traitement approprié est effectué pour raccorder les deux séries en se basant sur les quelques années communes.

Selon la FNTF [282], deux catégories sont distinguées pour cette activité : d'une part, la construction de bâtiments et d'autre part, les chantiers de travaux publics. Au niveau national, la répartition de l'activité entre ces deux catégories est effectuée dans les proportions respectives 2/3 – 1/3.

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

Emissions de poussières totales en suspension (TSP)

Les émissions de TSP pour l'activité « bâtiments » sont estimées à partir d'un facteur d'émission moyen de l'EPA [66], estimé à partir de la mesure de la concentration de particules autour d'un site de construction d'appartements et de centres commerciaux. Ce facteur d'émission correspondant à un climat semi-aride, auquel est appliqué un abattement de 50% pour tenir compte du climat tempéré de la France. Cet abattement est déterminé sur des données d'AEAT [103] et sur les précipitations annuelles moyennes en France et au Royaume-Uni. D'autre part, cette donnée de facteur d'émission fait intervenir le nombre de mois d'activité sur un chantier. Il est considéré que le nombre de mois d'activité est compris entre 1 et 6 mois, soit 3,5 mois d'activité en moyenne.

Pour les bâtiments, les facteurs d'émission sont calculés en multipliant le facteur d'émission de l'EPA par le facteur d'abattement (38%). Le facteur d'abattement a été calculé comme un ratio, basé sur les précipitations moyennes en France (760mm) et au Royaume-Uni (1000mm) [103].

En ce qui concerne les travaux publics, les émissions de TSP sont estimées à l'aide d'un facteur d'émission moyen provenant du CEPMEIP [49].

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

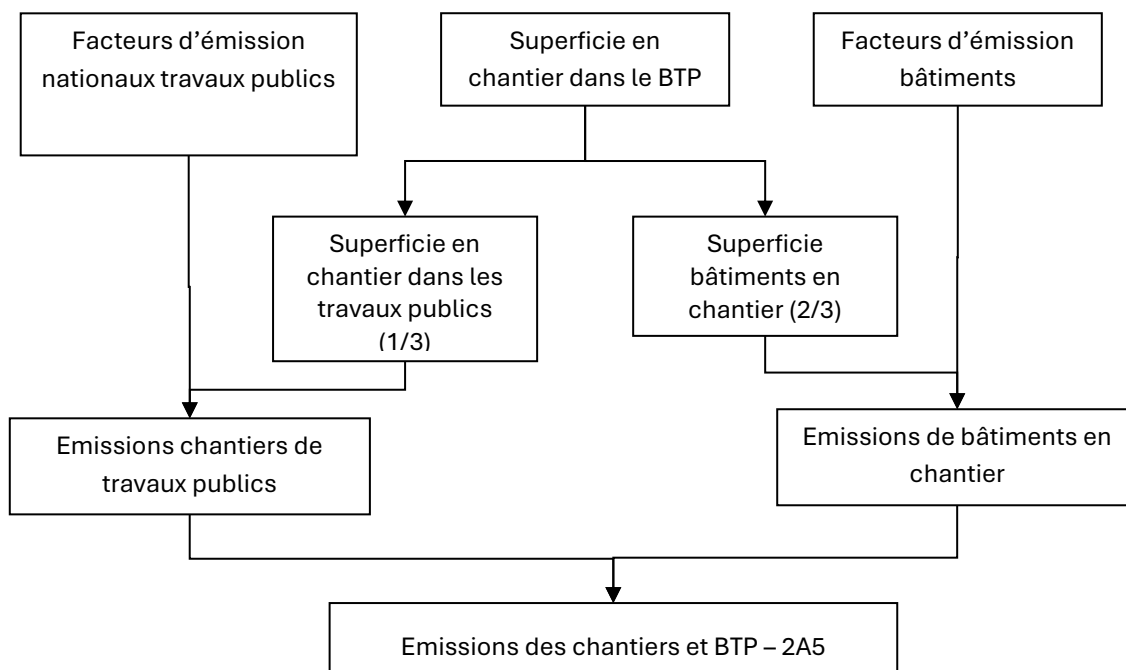
Les émissions de PM_{10} , $PM_{2,5}$ et $PM_{1,0}$ sont estimées à partir de facteurs d'émission moyens basés sur les données de diverses études [66, 68, 81]. Pour la distribution de la taille des PM_{10} , la part de 18,6% dans les TSP est retenue en moyennant les valeurs 22%, 20% et 13,7% issues de ces études. Pour les $PM_{2,5}$ et $PM_{1,0}$, les valeurs retenues sont respectivement 6,2% et 2,2% [103].

La même granulométrie est retenue pour le bâtiment et les travaux publics.

Tableau 6 : Granulométrie des poussières totales en suspension pour le bâtiment et les travaux publics

| Tranche granulométrique | % répartition des TSP |
|-------------------------|-----------------------|
| PM ₁₀ | 18,6 |
| PM _{2,5} | 6,2 |
| PM _{1,0} | 2,2 |

Figure 9 : Logigramme du processus d'estimation des émissions liées aux bâtiments et travaux publics



| Date de mise à jour | Responsable | Date de validation | Vérificateur |
|---------------------|-------------|--------------------|--------------|
| 21/01/2025 | RK | 31/01/2025 | VM |

Exploitation des carrières

Cette section concerne les émissions engendrées par l'exploitation des carrières à l'exception des engins motorisés couverts par la section 1A2 relative aux sources mobiles.

Correspondance dans divers référentiels :

| | |
|--------------------------|------------|
| CCNUCC / CRT | 2.H.2 |
| CEE-NU / NFR | 2.A.5.a |
| SNAPc (extension Citepa) | 040623 |
| CE / directive IED | Hors champ |
| CE / E-PRTR | 3b |
| CE / directive GIC | Hors champ |

Approche méthodologique :

| Activité | Facteurs d'émission |
|--|-------------------------------|
| Production nationale par type de roches de carrières | Facteurs d'émission nationaux |

Niveau de méthode :

Rang 2.

Références utilisées :

[352] UNICEM – Rapport annuel statistique à partir de 1999

[353] UNICEM – Communication de données internes, 2001

[1010] EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal

Caractéristiques de la catégorie (IIR) :

Les industries extractives telles que les carrières sont génératrices de poussières. Toute opération de fragmentation et de réduction granulométrique entraîne une production d'éléments fins. Toutefois, de nombreuses solutions de dépoussiérage sont proposées pour réduire les émissions de poussières et plus particulièrement pour limiter les effets sur la santé du personnel.

Ces émissions sont émises en particulier durant les trois phases suivantes :

- Fragmentation : forage, abattage, concassage, broyage,
- Séparation : criblage, stockage,

- Transport : roulage, manutention, expédition.

Les systèmes de dépoussiérage dépendent du poste (aspiration, filtration, pulvérisation d'eau avec ou sans adjuvant, etc.).

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

Les données de production des produits de carrières sont fournies dans les rapports annuels de l'UNICEM [352]. D'après l'UNICEM [353], l'ensemble de la production des matériaux de construction et produits de carrières est émetteur de poussières.

La méthode utilisée pour estimer les émissions de particules est décrite dans le guide EMEP/EEA 2023 [1010]. Cette méthode nécessite de nombreuses données qui sont décrites dans les tableaux ci-dessous.

Données de production et du parc des carrières

Les données de production sont fournies par l'UNICEM [352] par type de roches et présentées dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Données de production de granulats par type de roches

| Année | Production de granulats (Mg) | | |
|-------|--|---|--------------------------------|
| | issus de l'extraction de roches massives | issus de l'extraction de roches meubles | issus du recyclage de matériau |
| | MAS | MEU | REC |
| 1990 | 196 083 720 | 159 531 728 | 11 160 000 |
| 1991 | 196 083 720 | 159 531 728 | 11 160 000 |
| 1992 | 203 262 591 | 167 277 409 | 11 460 000 |
| 1993 | 189 411 948 | 155 908 052 | 10 680 000 |
| 1994 | 201 179 277 | 165 480 723 | 11 340 000 |
| 1995 | 201 922 345 | 163 812 655 | 13 265 000 |
| 1996 | 184 910 188 | 150 909 812 | 12 180 000 |
| 1997 | 189 879 758 | 154 625 242 | 12 495 000 |
| 1998 | 196 631 767 | 159 453 233 | 12 915 000 |
| 1999 | 208 650 754 | 166 532 378 | 14 816 867 |
| 2000 | 218 670 000 | 180 570 000 | 16 760 000 |
| 2001 | 221 600 000 | 175 150 000 | 18 250 000 |
| 2002 | 215 290 000 | 167 970 000 | 17 740 000 |
| 2003 | 217 400 000 | 165 470 000 | 17 130 000 |
| 2004 | 223 170 000 | 168 080 000 | 16 750 000 |
| 2005 | 222 780 000 | 168 640 000 | 19 580 000 |
| 2006 | 233 090 000 | 174 360 000 | 22 550 000 |
| 2007 | 242 950 000 | 180 450 000 | 22 600 000 |
| 2008 | 236 770 000 | 171 610 000 | 22 620 000 |
| 2009 | 209 440 000 | 146 290 000 | 20 270 000 |
| 2010 | 201 860 000 | 141 290 000 | 23 000 000 |
| 2011 | 205 220 000 | 152 390 000 | 25 000 000 |

| Année | Production de granulats (Mg) | | |
|-------|--|---|--------------------------------|
| | issus de l'extraction de roches massives | issus de l'extraction de roches meubles | issus du recyclage de matériau |
| | MAS | MEU | REC |
| 2012 | 196 601 000 | 138 281 000 | 24 700 000 |
| 2013 | 204 800 000 | 135 800 000 | 26 400 000 |
| 2014 | 198 940 000 | 126 598 000 | 23 428 000 |
| 2015 | 184 423 000 | 117 875 000 | 25 266 000 |
| 2016 | 183 960 000 | 120 382 000 | 25 671 000 |
| 2017 | 186 109 000 | 124 072 000 | 25 671 000 |
| 2018 | 195 998 000 | 126 365 000 | 31 890 000 |
| 2019 | 204 200 000 | 126 700 000 | 28 100 000 |
| 2020 | 188 300 000 | 117 900 000 | 24 900 000 |
| 2021 | 202 165 000 | 130 325 000 | 31 591 000 |
| 2022 | 191 174 000 | 121 633 000 | 33 802 000 |
| 2023 | 175 797 000 | 109 581 000 | 32 112 000 |

La distribution des carrières par capacité de production en nombre et en quantité produite a été déterminée à partir d'une enquête réalisée en 2012 par l'UNICEM et est présentée dans les Tableaux 8 et 9.

Tableau 9. Cette distribution est considérée constante dans le temps.

Tableau 8 : Distribution des carrières par capacité de production (% de la production totale par type de roche)

| | MAS | MEU | REC |
|--|-----|-----|-----|
| Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | 31% | 16% | 0% |
| Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | 58% | 69% | 20% |
| Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | 10% | 16% | 80% |

Tableau 9 : Distribution des carrières par capacité de production (% du nombre total de carrières par type de roche)

| | MAS | MEU | REC |
|--|-----|-----|-----|
| Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | 5% | 2% | 0% |
| Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | 41% | 39% | 5% |
| Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | 54% | 59% | 95% |

Données de transport

Les distances de transport par carrière ont été estimées pour 2010 par type et taille de carrières. À partir de ces données, des distances par tonne produite ont été calculées. Ces distances sont considérées constantes dans le temps et présentées dans le Tableau 10. Les distances pour les carrières de roche meuble et de recyclage sont très faibles, voire nulles, car des systèmes de convoyeurs sont préférentiellement utilisés.

Tableau 10 : Distances parcourues en camion par tonne produite (m/tonne)

| | MAS | MEU | REC |
|--|-------|------|-----|
| Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | 42,1 | 0 | 0 |
| Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | 94,8 | 13,9 | 0 |
| Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | 564,3 | 69,3 | 0 |

Le taux de route revêtue a été obtenu dans la même enquête et est présenté par catégorie de carrières dans le Tableau 11. Ces résultats sont considérés constants dans le temps.

Tableau 11 : Taux de route revêtue par catégorie de carrières

| | MAS | MEU | REC |
|--|-----|-----|-----|
| Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | 25% | 0% | - |
| Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | 0% | 0% | - |
| Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | 0% | 0% | - |

L'utilisation et l'efficacité de l'arrosage des routes sont présentées dans le Tableau 12 par catégorie de carrières pour l'année 2010. Une évolution linéaire est considérée pour le taux d'utilisation entre 1990 et 2010 avec une utilisation à 0% en 1990. Depuis 2010, les taux d'utilisation sont considérés constants.

Tableau 12 : Arrosage des routes non revêtues - Utilisation et efficacité

| Arrosage des routes non revêtues | | MAS | MEU | REC |
|----------------------------------|--|-----|-----|-----|
| Efficacité (%) | | 55% | 70% | - |
| Utilisation (%) | Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | 95% | 95% | - |
| | Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | 91% | 91% | - |
| | Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | 50% | 50% | - |

Les poids des véhicules de transport de granulats sont présentés dans le Tableau 13 par catégorie de carrières. Ces valeurs sont considérées constantes dans le temps.

Tableau 13 : Poids moyen des véhicules de transport

| | | MAS | MEU | REC |
|-------------------------------|--|-----|-----|-----|
| Poids moyen des véhicules (t) | Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | 71 | 74 | - |
| | Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | 51 | 45 | - |
| | Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | 30 | 30 | - |

Les parts de fines en surface sur les routes revêtues et non revêtues sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Parts de fines en surface sur les routes

| | MAS | MEU | REC |
|---|-----|-----|-----|
| Part de fines – routes non revêtues (%) | 2% | 1% | 2% |
| Part de fines – routes revêtues (g/m ²) | 5 | 5 | 5 |

Données de traitement

Les flux pour les concasseurs et cribles primaires, secondaires et tertiaires ont été déterminés à partir d'une enquête réalisée en 2018 et sont considérés constants dans le temps. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15 : Flux par équipement par type de roche

| | MAS | MEU | REC |
|---|------|------|------|
| Unité primaire | | | |
| Concasseur primaire (% de la production totale) | 90% | 15% | 100% |
| Crible primaire (% de la production totale) | 100% | 100% | 100% |
| Point de transfert primaire (% de la production totale) | 290% | 215% | 300% |
| Unité secondaire | | | |
| Concasseur secondaire (% de la production totale) | 70% | 60% | 70% |
| Crible secondaire (% de la production totale) | 90% | 60% | 100% |
| Point de transfert secondaire (% de la production totale) | 160% | 120% | 170% |
| Unité tertiaire | | | |
| Concasseur tertiaire (% de la production totale) | 50% | 60% | 0% |
| Crible tertiaire (% de la production totale) | 90% | 60% | 0% |
| Point de transfert tertiaire (% de la production totale) | 140% | 120% | 0% |

Les nombres d'unités primaires, secondaires et tertiaires ont été déterminés dans la même enquête par catégorie de carrières.

Tableau 16 : Nombre d'unités primaires, secondaires et tertiaires par catégorie de carrières

| | MAS | MEU | REC |
|---|------|------|------|
| Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | | | |
| Unité primaire | 100% | 100% | 100% |
| Unité secondaire | 100% | 100% | 100% |
| Unité tertiaire | 75% | 100% | 0% |
| Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | | | |
| Unité primaire | 100% | 100% | 100% |
| Unité secondaire | 100% | 100% | 100% |
| Unité tertiaire | 75% | 100% | 0% |
| Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | | | |
| Unité primaire | 100% | 100% | 100% |
| Unité secondaire | 50% | 50% | 0% |
| Unité tertiaire | 0% | 0% | 0% |

Le taux d'utilisation des technologies d'abattement a également été obtenu via une enquête réalisée en 2010. Une évolution linéaire a été considérée entre 1990 et 2010, avec les différents taux d'utilisation considérés nuls en 1990. Depuis 2010, les taux d'utilisation sont considérés constants. Le

Tableau 17 et le

Tableau 18 présentent respectivement les taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les concasseurs et les cribles.

Tableau 17 : Taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les concasseurs

| | MAS | MEU | REC |
|---|-----|-----|-----|
| Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | | | |
| Bardage partiel (partial enclosure) | 79% | 79% | 79% |
| Lavage sur site (water spray) | 24% | 24% | 24% |
| Abattement total ¹ | 71% | 71% | 71% |
| Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | | | |
| Bardage partiel (partial enclosure) | 61% | 61% | 61% |
| Lavage sur site (water spray) | 22% | 22% | 22% |
| Abattement total ¹ | 57% | 57% | 57% |
| Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | | | |
| Bardage partiel (partial enclosure) | 0% | 0% | 0% |
| Lavage sur site (water spray) | 0% | 0% | 0% |
| Abattement total ¹ | 0% | 0% | 0% |

¹ Une efficacité de 85% est considérée pour le bardage partiel et une efficacité de 50% pour le lavage sur site.

Tableau 18 : Taux d'utilisation des technologies d'abattement pour les cribles

| | MAS | MEU | REC |
|---|-----|-----|-----|
| Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | | | |
| Étanchéité tamisage (covered screen) | 39% | 39% | 39% |
| Criblage humide (wet screening) | 0% | 70% | 0% |
| Abattement total ¹ | 20% | 76% | 20% |
| Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | | | |
| Étanchéité tamisage (covered screen) | 26% | 26% | 26% |
| Criblage humide (wet screening) | 0% | 70% | 0% |
| Abattement total ¹ | 13% | 74% | 13% |
| Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | | | |
| Étanchéité tamisage (covered screen) | 0% | 0% | 0% |
| Criblage humide (wet screening) | 0% | 0% | 0% |
| Abattement total ¹ | 0% | 0% | 0% |

¹ Une efficacité de 50% est considérée pour l'étanchéité tamisage et une efficacité de 100% pour le criblage humide.

Données de manipulation des stocks

L'hypothèse selon laquelle les agrégats sont manipulés deux fois avant de sortir de la carrière a été prise (lorsqu'ils sont amenés aux stocks et lorsqu'ils sont enlevés des stocks).

Les taux d'humidité des stocks considérés sont de 2% pour les carrières de roche massive (MAS) et les installations de recyclage (REC) et de 6% pour les carrières de roche meuble (MEU).

Données liées à l'érosion des stocks

Les données utilisées pour le calcul des émissions liées à l'érosion des stocks sont présentées dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Données de calcul des émissions liées à l'érosion des stocks

| Paramètre | | Valeur |
|-----------------------------------|--|--------|
| Angle de repos (°) | | 30° |
| Nombre de piles de stockage | Grandes carrières (Prod. > 500 Mt) | 4 |
| | Carrières moyennes (100 Mt < Prod. < 500 Mt) | 8 |
| | Petites carrières (Prod. < 100 Mt) | 26 |
| Hauteur des piles de stockage (m) | | 10 |
| Densité apparente | | 1,6 |

Le contenu en part de fines des piles de stockage est considéré identique à celui des routes non revêtues.

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

Émissions de poussières totales en suspension (TSP)

Les émissions de TSP sont estimées pour les carrières de roches massives, pour les carrières de roches meubles et pour les produits issus du recyclage. Les facteurs d'émission utilisés ont été estimés par la mise en œuvre de la méthodologie décrite dans le guide EMEP/EEA 2023 [1010] appliquée à la France entière. Les facteurs d'émission tiennent compte de l'évolution des systèmes de dépoussiérage mis en place en supposant qu'aucun n'existait en 1990.

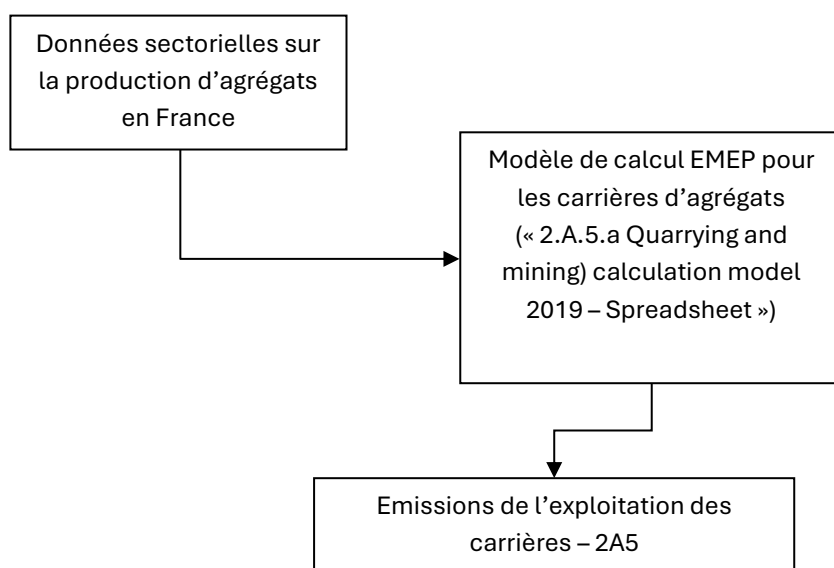
Ces facteurs d'émission correspondent à des valeurs moyennes et ne sont pas représentatifs des conditions locales. Dans le cadre du développement d'un inventaire à l'échelle locale, il est donc recommandé de mettre en œuvre la méthodologie proposée dans le guide EMEP/EEA [1010].

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

Les émissions de PM_{10} et $PM_{2,5}$ sont estimées avec la même approche que les TSP, au moyen de facteurs d'émission développés à l'aide de la méthodologie décrite dans le guide EMEP/EEA [1010].

Les émissions de $PM_{1,0}$ ne sont pas estimées.

Figure 10 : Logigramme du processus d'estimation des émissions liées à l'exploitation des carrières



Crédit des illustrations

Produits Minéraux | Introduction

@ Pavel NEZNANOV / Unsplash

