

## **CHAPITRE 2**

---

# **EMISSIONS DE L'INDUSTRIE MINERALE**

## **Auteurs**

Lisa Hanle (USA)

Pedro Maldonado (Chili), Eiichi Onuma (Japon), Milos Tichy (République tchèque) et Hendrik G. van Oss (USA)

## **Contributeurs**

Victor O. Aume (USA), George H. Edwards (USA) et M. Michael Miller (USA)

## Tables des matières

2	Émissions de l'industrie minérale .....	2.6
2.1	Introduction.....	2.6
2.2	Production de ciment .....	2.7
2.2.1	Questions méthodologiques .....	2.7
2.2.1.1	Choix de la méthode .....	2.8
2.2.1.2	Choix des facteurs d'émissions.....	2.13
2.2.1.3	Choix des données sur les activités.....	2.15
2.2.1.4	Exhaustivité .....	2.17
2.2.1.5	Elaboration d'une séquence temporelle cohérente.....	2.18
2.2.2	Evaluation d'incertitude .....	2.18
2.2.2.1	Incertitude de facteur d'émissions .....	2.18
2.2.2.2	Incertitudes des données sur les activités.....	2.19
2.2.3	Assurance qualité/Contrôle qualité (AQ/CQ), Etablissement de rapport et documentation..	2.21
2.2.3.1	Assurance qualité/Contrôle qualité (AQ/CQ) .....	2.21
	Etablissement de rapport et documentation .....	2.22
2.3	Production de la chaux.....	2.22
2.3.1	Questions méthodologiques .....	2.22
2.3.1.1	Choix de la méthode .....	2.23
2.3.1.2	Choix des facteurs d'émissions.....	2.26
2.3.1.3	Choix de données sur les activités .....	2.28
2.3.1.4	Exhaustivité .....	2.29
2.3.1.5	Elaboration d'une séquence temporelle cohérente.....	2.30
2.3.2	Estimation d'incertitudes.....	2.30
2.3.2.1	Incertitudes du facteur d'émissions.....	2.31
2.3.2.2	Incertitudes des données d'activité .....	2.31
2.3.3	Assurance qualité/Contrôle qualité (AQ/CQ), Etablissement de rapport et documentation..	2.32
2.3.3.1	Assurance Qualité/Contrôle Qualité (AQ /CQ) .....	2.32
2.3.3.2	Etablissement de rapport et documentation .....	2.32
2.4	Production de verre .....	2.33
2.4.1	Questions méthodologiques .....	2.33
2.4.1.1	Choix de méthode .....	2.34
2.4.1.2	Choix des facteurs d'émissions.....	2.35
2.4.1.3	Choix de données d'activité.....	2.36
2.4.1.4	Exhaustivité .....	2.37
2.4.1.5	Développement d'une séquence temporelle cohérente .....	2.37
2.4.2	Evaluation d'incertitude .....	2.37
2.4.2.1	Incertitudes du facteur d'émissions.....	2.37
2.4.2.2	Incertitudes des données sur les activités.....	2.37
2.4.3	Assurance qualité/Contrôle Qualité (AQ/CQ), Etablissement de rapport et documentation.	2.38
2.4.3.1	Assurance Qualité/Contrôle Qualité (AQ/CQ) .....	2.38
2.4.3.2	Etablissement de rapport et documentation .....	2.38
2.5	Autres utilisations de procédés des carbonates .....	2.39
2.5.1	Questions méthodologiques .....	2.39
2.5.1.1	Choix de méthode .....	2.40
2.5.1.2	Choix des facteurs d'émissions.....	2.42
2.5.1.3	Choix des données sur les activités.....	2.43
2.5.1.4	Exhaustivité .....	2.43
2.5.1.5	Développement d'une séquence temporelle cohérente .....	2.45
2.5.1.6	Incertitudes du facteur d'émissions.....	2.46
2.5.1.7	Incertitudes des données sur les activités.....	2.46

2.5.2	Assurance Qualité/Contrôle Qualité (AQ/CQ), Etablissement de rapport et documentation	2.46
2.5.2.1	Assurance Qualité/Contrôle Qualité (AQ/CQ)	2.46
2.5.2.2	Etablissement de rapport et documentation	2.47
Références		2.40

## Équations

Équation 2.1	Niveau 1 : Émissions fondées sur la production de ciment	2.2.9
Équation 2.2	Niveau 2 : Émissions fondées sur les données de production de mâchefer	2.2.11
Équation 2.3	Niveau 3 : Émissions fondées sur les entrées de matières premières de carbonate dans le four	2.2.12
Équation 2.4	Facteurs d'émissions pour le mâchefer	2.2.13
Équation 2.5	Facteurs de correction pour les PFC non recyclées par le four	2.2.14
Équation 2.6	Niveau 2 : Émissions fondées sur les données de production nationales de chaux par type	2.2.25
équation 2.7	Niveau 3 : Émissions fondées sur les entrées de carbonate	2.2.25
Équation 2.8	Niveau 1 : Facteurs d'émissions par défaut pour la production de la chaux	2.2.26
Équation 2.9	Niveau 2 : Facteurs d'émissions pour la production de la chaux	2.2.27
Équation 2.10	Niveau 1 : Émissions fondées sur la production de verre	2.2.34
Équation 2.11	Niveau 2 : Émissions fondées sur le procédé de fabrication du verre	2.2.34
Équation 2.12	Niveau 3 : Émissions fondées sur les entrées de carbonate	2.2.34
Équation 2.13	Niveau 1 : Facteur d'émissions par défaut pour la production de verre	2.2.36
Équation 2.14	Niveau 1 : Emissions fondées sur la masse de carbonates consommés	2.2.40
Équation 2.15	Niveau 2 : Méthode pour les autres utilisations procédé de carbonates	2.2.41
Équation 2.16	Niveau 3 : Approche de l'entrée de carbonate pour les autres utilisations procédé de carbonates	2.2.41

## Figures

Figure 2.1	Arbre décisionnel pour l'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> de la production de ciment	2.2.10
Figure 2.2	Arbre décisionnel pour l'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> de la production de la chaux	2.2.24
Figure 2.3	Arbre décisionnel pour l'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> de la production de verre.....	2.2.35
Figure 2.4	Arbre décisionnel pour l'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> des autres utilisations de procédés de carbonates .....	2.2.42

## Tableaux

Tableau 2.1	Formules, poids des formules, et contenus de dioxyde de carbone des sortes courantes de carbonate .....	2.2.7
Tableau 2.2	Fraction de mâchefer de recettes de mélanges de ciment et mélanges généraux de produit (fondés sur les normes américaines ASTM C-150 et C-595 ; les données américaines peuvent éclaircir d'autres pays).....	2.2.16
Tableau 2.3	Valeurs d'incertitudes par défaut pour la production de ciment.....	2.2.20
Tableau 2.4	Paramètres de base pour le calcul des facteurs d'émissions pour la production de la chaux.....	2.2.27
Tableau 2.5	Valeurs d'incertitudes pour l'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> de la production de la chaux .....	2.2.31
Tableau 2.6	Facteurs d'émissions par défaut et proportions de calcin pour différents types de verre ..	2.2.36
Tableau 2.7	Utilisations émissives et non émissives de carbonates .....	2.2.44

## 2 ÉMISSIONS DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

### 2.1 INTRODUCTION

Ce chapitre décrit les méthodologies d'estimation des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) liées aux procédés et résultant de l'utilisation des matières premières de carbonate dans la production et l'utilisation d'une variété de produits de l'industrie minérale. Le rejet de CO<sub>2</sub> provenant des carbonates suit deux principales méthodes : le rejet du CO<sub>2</sub> par calcination et causé par l'acide. Le procédé primaire aboutissant au dégagement de CO<sub>2</sub> est la calcination des composés de carbonate, au cours de laquelle, un oxyde de métal se forme par l'effet de la chaleur. Une réaction classique de calcination, montrée ici pour le calcite minéral ou carbonate de calcium serait :



Le rejet de CO<sub>2</sub> par induction d'acide, par exemple, peut être exprimé par cette Équation :



Ceci se produit dans une variété d'industries, mais de manière générale, il résulte de petites quantités de carbonate présentes en tant qu'impureté dans un procédé d'acidification pour améliorer un matériau non carbonate. Par exemple, dans le traitement des minerais de phosphate, avec de l'acide sulfurique, pour produire de l'acide phosphorique, le concentré de phosphate qui doit être acidifié peut contenir une faible teneur en minéraux de carbonate. En règle générale, la quantité de CO<sub>2</sub> rejetée par l'acidification de ces impuretés de carbonate sera infime.

Ce chapitre se concentre donc sur les émissions résultant de la calcination des matériaux de carbonate. Bien que le principal procédé par lequel sont rejetées les émissions liées à la calcination soit similaire dans les catégories sources dans l'industrie minérale, trois catégories sont mises en relief à cause de leur contribution - relativement importante - aux émissions de la planète. Ces catégories sources sont la Production de ciment, la Production de la chaux et la Production de verre. En plus de ces catégories sources, ce chapitre examine les émissions résultant de la consommation de carbonates dans une variété d'autres industries minérales comprenant la céramique, l'utilisation de la cendre de soude et la consommation de carbonate pour la production du magnésium non métallurgique.

Le calcaire et autres minéraux de carbonate entrent, eux aussi, dans une variété d'autres industries mais ne sont pas traités dans ce chapitre. Il s'agit, entre autres, des carbonates utilisés comme agents fondants<sup>1</sup> et scorifiants<sup>2</sup> dans la fonte et l'affinage des métaux (par ex., la production sidérurgique et métallurgique et les métaux de base comme le cuivre), et comme intrants dans l'industrie chimique (ex. les fertilisants). Les méthodes expliquées dans ce chapitre pour l'estimation des émissions provenant de l'utilisation des carbonates sont applicables à ces autres industries également. Les *bonnes pratiques* veulent que les émissions provenant de l'utilisation du calcaire, dolomite et autres carbonates soient attribuées à la catégorie source de l'industrie où elles sont émises (par ex., la production sidérurgique et métallurgique).

Comme cela figure tout au long du volume 3 concernant les Procédés Industriels et l'Utilisation des Produits (PIUP), les méthodologies d'estimation des émissions, décrites ci-dessous, ne prennent en ligne de compte que les émissions liées au procédé et non les émissions liées à l'énergie. Ainsi, les compilateurs de l'inventaire doivent s'assurer que les émissions liées à l'énergie provenant de ces industries sont comptabilisées dans le Secteur Énergie et qu'il n'y a pas de double comptage des émissions entre les secteurs énergie et PIUP. Par exemple, le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> provenant du combustible consommé dans la fabrication du ciment doit prendre en compte la combustion des combustibles fossiles et des combustibles usés (pneus, huiles usées, peintures, etc.). Ces émissions liées à la combustion doivent toutefois être incluses dans les émissions liées à l'énergie et non celles des PIUP qui ne doivent inclure que les émissions provenant de la calcination.

<sup>1</sup> Les fondants sont des matériaux bruts (ex. : calcaire, la dolomite, la castine et le sable siliceux) utilisés pour réduire la chaleur ou pour d'autres besoins en énergie entrant dans le traitement thermique de minéraux (ex. : fusion de métaux). Les fondants peuvent également servir d'agents scorifiants.

<sup>2</sup> La scorie est une coulée résiduelle de silicate formée délibérément durant la fusion de minerais métalliques ou dans les fours (ex. : acier), en ajoutant les agents de scorification (calcaire, dolomite ou castine). Le mâchefer contient le gros des impuretés non volatiles extraites des minerais ainsi que des composants provenant de fondants ajoutés au procédé de traitement des minerais.

Bien que le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) puissent être émis par certaines catégories sources de l'industrie des minéraux, vu les connaissances scientifiques actuelles, ces émissions sont supposées être négligeables, ce qui explique pourquoi elles ne sont pas traitées dans ce chapitre. Les émissions de CO<sub>2</sub> peuvent provenir d'activités complémentaires liées aux minéraux, non identifiées ici. Si elles sont connues et peuvent être calculées, elles doivent être incluses dans l'inventaire.

Les catégories sources dans ce chapitre partagent une approche commune des niveaux de méthodologie. Les niveaux 1 et 2 sont fondés sur les estimations de la quantité de matières premières consommées ou de produits fabriqués, avec les facteurs d'émissions qui représentent le montant de CO<sub>2</sub> émis par unité de masse. Le niveau 3 décrit les calculs directs basés sur la chimie de matières premières brutes particulière au site. Si les données de matières premières particulières au site sont utilisées, il est indispensable de comptabiliser toutes les sources de carbonate dans les matières premières et les fiouls (pas uniquement la pierre calcaire). Les calculs des émissions de base pour toutes les industries qui brûlent du carbonate sont similaires. Ils s'appuient sur les poids et proportions de CO<sub>2</sub> de formule courante et sont présentés au tableau 2.1 ci-dessous pour plus de commodité.

<b>TABLEAU 2.1</b>			
<b>FORMULES, POIDS DES FORMULES ET TENEURS EN DIOXYDE DE CARBONE DES GENRES COURANTS DE CARBONATE *</b>			
<b>Carbonate</b>	<b>Nom(s) minéral(aux)</b>	<b>Poids des formules</b>	<b>Facteur d'émission (tonnes CO<sub>2</sub>/tonne carbonate)**</b>
CaCO <sub>3</sub>	Calcite*** ou aragonite	100,0869	0,43971
MgCO <sub>3</sub>	Magnésite	84,3139	0,52197
CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Dolomite***	184,4008	0,47732
FeCO <sub>3</sub>	Sidérite	115,8539	0,37987
Ca(Fe,Mg,Mn)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ankérite****	185,0225–215,6160	0,40822–0,47572
MnCO <sub>3</sub>	Rhodochrosite	114,9470	0,38286
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonate de sodium ou cendre de soude	106,0685	0,41492

Source: CRC Handbook of Chemistry and Physics (2004)

\* Les résultats finaux (à savoir les estimations d'émissions) utilisant ces données doivent être arrondis à pas plus de deux chiffres significatifs.

\*\* La fraction de CO<sub>2</sub> émis, en supposant 100% de calcination (ex. : 1 tonne de calcite, brûlée entièrement, doit rendre 0,43971 tonnes de CO<sub>2</sub>).

\*\*\* La calcite est le principal minéral du calcaire. Les termes comme le calcaire dolomitique ou à haute teneur en magnésium signifient une substitution relativement faible de Mg pour le Ca dans la formule générale CaCO<sub>3</sub> montrée en général pour le calcaire.

\*\*\*\* L'ensemble de poids des formules montrées pour l'ankérite part du principe que Fe, Mg, et Mn sont présents à au moins 1,0%.

## 2.2 PRODUCTION DE CIMENT

### 2.2.1 Questions méthodologiques

Dans la fabrication du ciment, le CO<sub>2</sub> se produit pendant la production du mâchefer, produit nodulaire intermédiaire qui est ensuite moulu finement, avec une faible proportion de sulfate de calcium [gypse (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) ou d'anhydrite (CaSO<sub>4</sub>)], en ciment hydraulique (du type « *portland* »). Pendant la production de mâchefer, la pierre calcaire, qui est essentiellement du carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>), est chauffée ou brûlée pour produire de la chaux (CaO) et du CO<sub>2</sub> comme dérivé. La CaO réagit ensuite avec du silice (SiO<sub>2</sub>), de l'alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), et de l'oxyde de fer (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dans les matières premières brutes pour faire les minéraux de mâchefer (principalement des silicates de calcium). La proportion, dans les matières premières, de carbonates autres que le CaCO<sub>3</sub> est en général infime. Les autres carbonates, lorsqu'il y en a, existent essentiellement en tant qu'impuretés dans la matière première primaire de pierre calcaire. Une petite quantité de MgO (1 à 2%) dans le procédé de fabrication du mâchefer est souhaitable puisqu'il sert de fondant, mais une bien plus grande quantité peut mener à des problèmes avec le ciment (van Oss et Padovani, 2002). Le ciment peut être fait (moulu) entièrement à partir de mâchefer importé, dans lequel cas la cimenterie peut être considérée comme ayant des émissions nulles de CO<sub>2</sub> liées au procédé. Comme on l'a vu à la section 2.2.1.2, la poussière de four de ciment peut être générée pendant la fabrication de mâchefer. Les estimations d'émissions doivent prendre en compte les émissions associées à la poussière de four de ciment.

Il n'y a pas d'émissions supplémentaires associées à la production de ciment de maçonnerie. Lorsque le ciment de maçonnerie est produit en ajoutant de la chaux au ciment portland (ou son mâchefer), les émissions associées

à la chaux doivent déjà avoir été comptabilisées dans le cadre de la production de la chaux. L'ajout de pierre calcaire moulue au ciment portland ou à son mâchefer, pour produire du ciment de maçonnerie, n'engendre pas d'émissions supplémentaires.

### 2.2.1.1 CHOIX DE LA METHODE

L'arbre décisionnel à la Figure 2.1 définit les *bonnes pratiques* dans le choix de la méthode la plus appropriée en tenant compte des circonstances nationales. Dans la méthode de niveau 1, les émissions s'appuient sur les estimations de production de mâchefer puisées des données de production du ciment, corrigées pour les importations et exportations de mâchefer. L'estimation des émissions provenant directement de la production de ciment (c'est-à-dire en appliquant un facteur d'émissions directement à la production de ciment sans estimer d'abord la production de mâchefer) n'est pas considérée comme une méthode conforme aux *bonnes pratiques* parce qu'elle ne prend pas en compte les importations et exportations de mâchefer.

Dans le niveau 2, les émissions sont estimées directement à partir des données de production de mâchefer (plutôt que de la production de mâchefer tirée de la production de ciment) et un facteur d'émissions national ou par défaut. L'approche de niveau 3 est un calcul qui s'appuie sur les poids et compositions de toutes les entrées de carbonates à partir de toutes les sources de matières premières et de combustible, le(s) facteur(s) d'émissions pour le(s) carbonate(s) et la fraction de calcination obtenue. L'approche de niveau 3 repose sur les données spécifiques des usines. Si le compilateur de l'inventaire considère les données d'usine comme peu fiables ou très incertaines, les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser le niveau 2.

Les niveaux 2 et 3 doivent toujours inclure une correction pour la poussière de four à ciment. Le niveau 2 inclut une correction supplémentaire pour les émissions liées à la poussière de four de ciment non recyclée par le four. Le niveau 3 prend aussi en compte la poussière de four de ciment. Contrairement à l'approche de niveau 2, dans l'utilisation de Niveau 3, les émissions attribuées à la poussière de four de ciment non calcinée et non recyclée par le four doivent être soustraites de l'estimation totale d'émissions.

Si la technologie de captage de CO<sub>2</sub> est installée et utilisée dans l'usine, les *bonnes pratiques* veulent que le CO<sub>2</sub> capturé soit déduit du calcul des émissions de niveau supérieur. L'hypothèse par défaut est qu'il n'y a ni captage de CO<sub>2</sub>, ni stockage. Toute méthodologie prenant en compte le captage de CO<sub>2</sub> doit considérer que les émissions de CO<sub>2</sub> capturées dans le procédé peuvent être liées à la combustion et au procédé. Dans les cas où les émissions de combustion et de procédé doivent être rapportées séparément, (pour la production de ciment par exemple) les compilateurs de l'inventaire doivent s'assurer que les mêmes quantités de CO<sub>2</sub> ne sont pas comptabilisées deux fois. Dans ces cas, le volume total de CO<sub>2</sub> capturé doit être, préférablement, rapporté dans les catégories de source de combustion et PIUP correspondantes. Pour de plus amples informations sur le captage et le stockage de CO<sub>2</sub>, voir Volume 3, Section 1.2.2 et pour plus de détails sur le captage et le stockage, voir Volume 2, Section 2.3.4.

### METHODE DE NIVEAU 1 : ESTIMATION DE PRODUCTION DE MACHEFER PAR L'UTILISATION DES DONNEES DE PRODUCTION

Comme indiqué plus haut, le calcul des émissions de CO<sub>2</sub> provenant directement de la production de ciment (ex. en utilisant un facteur fixe d'émissions fondées sur le ciment) n'est pas conforme aux *bonnes pratiques*. Au lieu de cela, et dans l'absence de données sur les entrées de carbonate ou de données de production nationale de mâchefer, les données de production de ciment peuvent être utilisées pour estimer la production de mâchefer en prenant en compte les quantités et les types de ciment produit et les contenus de mâchefer, y compris une correction pour les importations et exportations de mâchefer. Cette prise en compte des importations et exportations de mâchefer est un critère essentiel dans l'estimation d'émissions de cette source. Les émissions provenant de la production de mâchefer importé ne doivent pas être incluses dans les estimations d'émissions nationales puisque ces émissions ont été produites et comptabilisées dans un autre pays (exportateur). De même, les émissions émanant du mâchefer exporté doivent être entrées dans les estimations nationales du pays dans lequel le mâchefer est produit (pays producteur-exportateur). On procède ensuite en appliquant un facteur d'émissions pour le mâchefer et en calculant les émissions de CO<sub>2</sub> suivant l'équation 2.1.

**ÉQUATION 2.1**  
**NIVEAU 1 : EMISSIONS FONDEES SUR LA PRODUCTION DE CIMENT**

$$EmissionsCO_2 = \left[ \sum_i (M_{ci} \cdot C_{cli}) - Im + Ex \right] \cdot FE_{clc}$$

À savoir :

émissions CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de ciment (en tonnes)

M<sub>ci</sub> = poids (masse) de ciment produit<sup>3</sup> de type *i* (en tonnes)

C<sub>cli</sub> = fraction mâchefer de ciment de type *i*, fraction

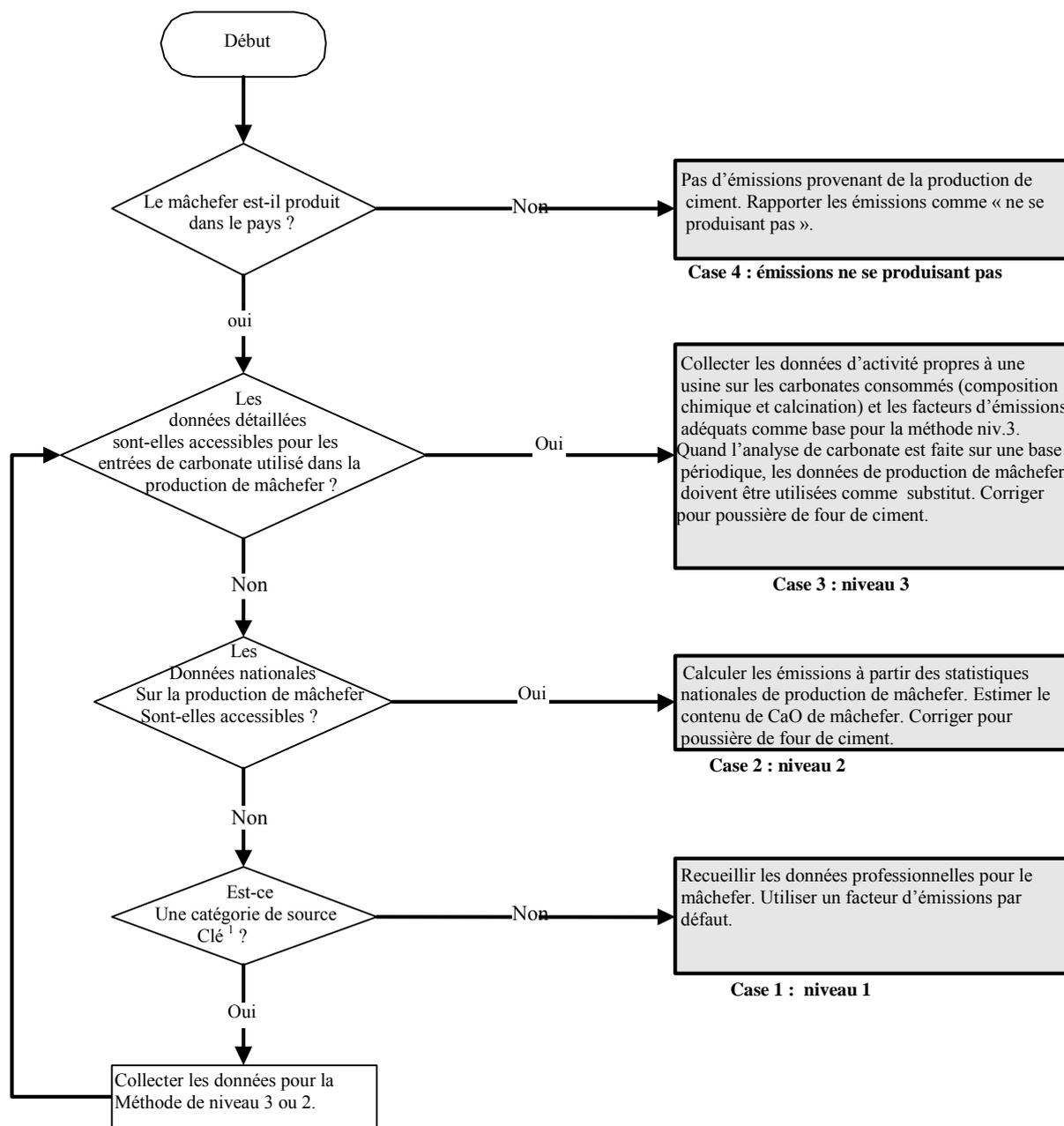
Im = importations pour consommation de mâchefer (en tonnes)

Ex = exportations de mâchefer (en tonnes)

FE<sub>clc</sub> = facteur d'émissions pour le mâchefer dans le ciment spécifique, tonnes CO<sub>2</sub>/tonne mâchefer  
 Le facteur d'émissions (FE<sub>clc</sub>) est corrigé pour la poussière de four de ciment.

<sup>3</sup> Selon certaines sources statistiques, « production de ciment » signifie production de ciment plus exportations de mâchefer. Si tel est le cas, les *bonnes pratiques* veulent que soient soustraites les exportations de mâchefer du facteur M<sub>ci</sub> dans l'Équation 2.1.

**Figure 2.1** Arbre de décision pour l'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> de la production de ciment



Note :

1. cf. volume 1 chapitre 4 : choix méthodologique et identification des catégories clés (Section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour une discussion de catégories de sources clés et utilisation des arbres décisionnels.

## METHODE NIVEAU 2 : UTILISATION DES DONNEES DE PRODUCTION DE MACHEFER

Si les données détaillées et complètes (comprenant les poids et composition) pour le(s) carbonate(s) consommé(s) dans la production de mâchefer ne sont pas disponibles (niveau 3), ou si une approche rigoureuse de niveau 3 est autrement considérée irréalisable, les *bonnes pratiques* veulent que soient utilisées les données usine d'ensemble ou les données de production nationale de mâchefer sur le contenu CaO de mâchefer, exprimées comme facteur d'émissions dans l'équation 2.2 ci-dessous :

**ÉQUATION 2.2**  
**NIVEAU 2 : ÉMISSIONS FONDEES SUR LES DONNEES DE PRODUCTION DE MACHEFER**

$$EmissionsCO_2 = M_{ci} \cdot FE_{ci} \cdot CF_{ckd}$$

À savoir:

Émissions CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de ciment (en tonnes)

M<sub>ci</sub> = poids (masse) de mâchefer produit de type *i* (en tonnes)

FE<sub>ci</sub> = facteur d'émissions de mâchefer, tonnes CO<sub>2</sub>/tonne mâchefer (Cf. discussion dans la section 2.2.1.2, Choix des facteurs d'émission, pour les niveaux 1 et 2 ci-dessous.) Ce facteur d'émission (FE<sub>ci</sub>) n'est pas corrigé pour la poussière de four de ciment.

CF<sub>ckd</sub> = facteur de correction d'émissions pour la poussière de four de ciment, illimité (cf. équation 2.5)

L'approche de niveau 2 s'appuie sur les hypothèses suivantes sur l'industrie du ciment et la production de mâchefer :

1. La majorité de ciment hydraulique est du ciment portland ou un ciment similaire qui nécessite du mâchefer de ciment portland ;
2. Il y a une portée limitée dans la composition de CaO de mâchefer et le contenu de MgO est maintenu très bas ;
3. En général les usines peuvent contrôler le contenu de CaO des entrées de matières premières et de mâchefer dans des tolérances serrées ;
4. Même lorsque la sortie de mâchefer est calculée par une usine plutôt que mesurée directement, il y a en général une forte similitude entre les deux méthodes de détermination lorsque les contrôles sont effectués ;
5. Le contenu de CaO de mâchefer d'une usine donnée tend à ne pas changer de manière significative au fil des ans ;
6. La principale source de CaO pour la plupart des usines est le CaCO<sub>3</sub> et, au moins au niveau de l'usine, toutes les sources non carbonates de CaO sont facilement quantifiées (cf. Section 2.2.1.2 ci-dessous) ;
7. Un facteur de calcination de 100% (ou tout proche) est atteint pour les entrées de carbonate pour la fabrication de mâchefer, y compris (en général dans une moindre mesure) le matériau perdu dans le système comme poussière de four de ciment non recyclée ; et
8. Les collecteurs de poussière en usines capturent essentiellement toute la poussière de four de ciment bien que ce matériau ne soit pas nécessairement recyclé dans le four.

### **METHODE NIVEAU 3 : UTILISATION DES DONNEES D'ENTREE DE CARBONATE(S)**

Le niveau 3 s'appuie sur la collecte des données désagrégées sur les types (compositions) et quantités de carbonate(s) consommés pour produire du mâchefer ainsi que sur le(s) facteur(s) respectif(s) d'émissions de carbonate(s) consommé(s). Les émissions sont ensuite calculées en appliquant l'équation 2.3. L'approche de niveau 3 comprend une correction pour soustraire tout carbonate non calciné dans la poussière de four de ciment non retourné dans le four. Si cette poussière est totalement calcinée, ou si elle est entièrement retournée au four, ce facteur de correction de la poussière devient nul. Le niveau 3 est toujours considéré comme une *bonne pratique* dans les cas où les compilateurs de l'inventaire n'ont pas accès aux données sur la poussière non calcinée de four de ciment. Toutefois, le fait d'exclure cette poussière non calcinée peut légèrement surestimer les émissions.

Les pierres de chaux et les schistes (matières premières brutes) peuvent aussi contenir une proportion de carbone organique (kérogène), et d'autres matières premières (exemple : les cendres volantes) peuvent contenir des résidus de carbone qui peuvent donner du CO<sub>2</sub> supplémentaire lors de la combustion. Ces émissions ne sont en général pas comptabilisées dans le Secteur Énergie, mais, si elles sont largement utilisées, les compilateurs de l'inventaire doivent s'assurer qu'elles sont incluses dans le Secteur Énergie. Toutefois actuellement, il y a trop peu de données sur les teneurs en kérogène ou carbone des matières premières non combustibles pour les

procédés minéraux pour pouvoir donner une valeur significative par défaut liée à la teneur moyenne de kérogène des matières premières dans ce chapitre. Pour les calculs fondés sur les matières premières au niveau des usines (Niveau 3) où le contenu en kérogène est élevé (contribuant pour plus de 5% à la chaleur totale), les *bonnes pratiques* recommandent que soit incluse la contribution de kérogène dans les émissions.

L'approche de Niveau 3 ne sera sans doute utile que pour des usines et des pays individuels qui ont accès à des données détaillées au niveau des usines concernant les matières premières de carbonate. Les données d'émissions recueillies au niveau des usines doivent alors être agrégées pour obtenir un rapport d'estimations nationales d'émissions. Il est reconnu que de fréquents calculs d'émissions appuyés sur l'analyse directe de carbonates pourraient s'avérer pénibles pour certaines usines. Du moment que des analyses chimiques détaillées d'entrées de carbonate sont faites assez fréquemment pour établir une bonne corrélation entre les carbonates consommés au niveau des usines et la production de mâchefer qui en résulte, la sortie de mâchefer peut alors être utilisée comme substitut de carbonates pour les calculs d'émissions dans les périodes intermédiaires. C'est-à-dire qu'une usine peut tirer un facteur d'émissions rigoureusement contraint pour le mâchefer de l'usine, fondé sur un calibrage périodique des entrées de carbonate.

**ÉQUATION 2.3**

**NIVEAU 3 : EMISSIONS FONDEES SUR LES ENTREES DE MATIERES PREMIERES DE CARBONATE  
DANS LE FOUR**

$$Emission_{CO_2} = \sum_i (FE_i \cdot M_i \cdot F_i) - M_d \cdot C_d \cdot (1 - F_d) \cdot FE_d + \sum_k (M_k \cdot X_k \cdot FE_k)$$

émmissions provenant  
de carbonates

émmissions provenant  
de poussière de four  
de ciment non  
calcinée ni recyclée  
dans le four de  
calcination

émmissions provenant de  
matériaux non  
combustibles porteurs de  
carbonates

À savoir:

Émissions de CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> de la production de ciment (en tonnes)

FE<sub>i</sub> = facteur d'émissions pour le carbonate spécifique *i*, tonnes CO<sub>2</sub>/tonne carbonate (cf. tableau 2.1)

M<sub>i</sub> = poids ou masse de carbonate *i* consommé dans le four (en tonnes)

F<sub>i</sub> = calcination partielle obtenue pour le carbonate *i*, fraction<sup>a</sup>

M<sub>d</sub> = poids ou masse de poussière de four de ciment non recyclée dans le four (= poussière perdue) (en tonnes)

C<sub>d</sub> = fraction du poids du carbonate d'origine dans cette poussière non recyclée dans le four, fraction<sup>b</sup>

F<sub>d</sub> = calcination partielle obtenue pour cette poussière non recyclée dans le four, fraction<sup>a</sup>

FE<sub>d</sub> = facteur d'émissions pour le carbonate non calciné dans cette poussière non recyclée dans le four, tonnes CO<sub>2</sub>/tonne carbonate<sup>b</sup>

M<sub>k</sub> = poids ou masse de matière première *k* organique ou autre non combustible porteur de carbone, tonnes<sup>c</sup>

X<sub>k</sub> = fraction de carbone totalement organique ou autre carbone dans une matière première *k* de non combustible spécifique, fraction<sup>c</sup>

EF<sub>k</sub> = facteur d'émissions pour une matière première *k* non combustible porteuse de kérogène (ou autre carbone), tonnes CO<sub>2</sub>/tonne carbonate<sup>c</sup>

Notes sur les défauts pour l'Équation 2.3 :

À : Fraction de calcination : en l'absence de données réelles, l'hypothèse peut être que, aux températures et temps de séjour obtenus dans les fours de ciment (mâchefer), le degré de calcination obtenu pour tout matériau incorporé dans le mâchefer est de 100% (à savoir F<sub>i</sub> = 1,00) ou tout proche. Pour la poussière de four de ciment, une F<sub>d</sub> de <1,00 est plus probable, mais les données peuvent révéler une grande variabilité et relativement peu de fiabilité. En l'absence de données fiables pour la poussière

de four de ciment, une hypothèse de  $F_d = 1,00$  signifie que la correction pour cette poussière est égale à zéro.

- B : Parce que le carbonate de calcium est très largement le carbonate dominant dans les matières premières, il peut être supposé qu'il constitue 100% du carbonate restant dans la poussière de four de ciment non recyclée dans le four. Ainsi il est acceptable dans le cadre des *bonnes pratiques* de fixer  $C_d$  égal à la proportion de carbonate de calcium dans la matière première qui alimente le four. De même, il est acceptable d'utiliser le facteur d'émissions pour le carbonate de calcium pour  $EF_d$ .
- C : Les émissions de  $CO_2$  provenant de carbone non carbonate (par ex. le carbone dans le kérogène, dans les cendres volantes) dans les matières premières non combustibles peuvent être ignorées (fixer  $M_k \cdot X_k \cdot EF_k = 0$ ) si la contribution de chaleur provenant du kérogène ou d'autre carbone est  $< 5\%$  de la chaleur totale (provenant des fiouls).

### 2.2.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSIONS

#### METHODE NIVEAU 1

Dans le Niveau 1, les *bonnes pratiques* recommandent d'utiliser un contenu de CaO par défaut pour le mâchefer de 65% ; on suppose que 100% du CaO provient de matière de carbonate de calcium ; et d'incorporer un facteur de correction de 2% pour la poussière de four de ciment (pour plus de détails sur cette poussière, voir la discussion de méthode de Niveau 2 ci-dessous).

Pour la composition de CaO par défaut, 1 tonne de mâchefer contient 0,65 tonne de CaO provenant de  $CaCO_3$ . Ce carbonate représente 56,03% de CaO et 43,97% de  $CO_2$  en poids (tableau 2.1). Le volume (X) de  $CaCO_3$  nécessaire pour donner 0,65 tonne de CaO est :  $X = 0,65/0,5603 = 1,1601$  tonne de  $CaCO_3$  (non arrondi). Le volume de  $CO_2$  rejeté en calcinant ce  $CaCO_3 = 1,1601 \cdot 0,4397 = 0,5101$  tonne de  $CO_2$  (non arrondi). En admettant un ajout de correction de 2% pour prendre en compte la poussière de four de ciment, le facteur d'émissions par défaut arrondi ( $FE_{clc}$ ) pour le mâchefer est comme suit:

<p><b>ÉQUATION 2.4</b></p> <p><b>FACTEURS D'ÉMISSIONS POUR LE MACHEFER</b></p> <p><math>EF_{clc} = 0.51 \cdot 1.02 (\text{correction poussière four de ciment}) = 0.52 \text{ tonnes } CO_2 / \text{tonne. mâchefer}</math></p>
---

Dans le cadre du Niveau 1, le  $FE_{clc}$  par défaut intègre la correction pour la poussière de four de ciment. Il ne faut pas confondre avec  $FE_{cl}$  dans le Niveau 2, qui ne prend pas en compte cette poussière.  $FE_{cl}$  doit être multiplié par un facteur de correction,  $CF_{ckd}$  (cf Équation 2.5) pour obtenir la combinaison FE pour le mâchefer et la poussière de four de ciment.

#### METHODE NIVEAU 2

##### *Facteur d'émissions pour le mâchefer ( $FE_{cl}$ )*

Dans la méthode de Niveau 2, si des données propres au pays sur le contenu de CaO de mâchefer et d'entrées de sources de CaO non carbonates sont disponibles, les *bonnes pratiques* recommandent d'estimer un facteur d'émissions de  $CO_2$  propre à un pays pour le mâchefer. Comme on l'a vu ci-dessus, la dérivation d'un facteur d'émissions pour le mâchefer requiert que le contenu de CaO du mâchefer soit connu, ainsi que la fraction de CaO qui a été dérivée d'une source de carbonate (généralement du  $CaCO_3$ ). Le contenu de CaO de mâchefer est en général de l'ordre de 60 à 67%. Dans une usine donnée, le contenu de CaO restera stable, entre 1 et 2%. Le facteur d'émissions de base par défaut, comme recommandé dans le Niveau 1, part de l'hypothèse que le mâchefer est à 65% de CaO et que c'est 100% dérivé de  $CaCO_3$  et que 100% de calcination est obtenue dans le four.

Le facteur d'émissions de base (c'est-à-dire pour la poussière de four de ciment) de 0,51, dans l'Équation 2.4, part de l'hypothèse qu'il y a un contenu de 65% de CaO dans le mâchefer. Un calcul similaire donnera des facteurs d'émissions pour différents contenus de CaO si ces contenus sont connus. Par exemple, pour un mâchefer avec 60% de CaO tous dérivés de  $CaCO_3$  le  $FE_{cl}$  (ne comprenant pas la correction pour la poussière de four de ciment) est de 0,47 et pour 67% de CaO, le  $FE_{cl}$  est de 0,53.

Si on sait qu'une usine tire une fraction importante de CaO d'une source non carbonate (telles que les scories d'acier ou les cendres volantes), ce composé de CaO doit d'abord être soustrait. Par exemple, si 4% de CaO dans un mâchefer de CaO de 65% provient de scories, le CaO de carbonate est de 61% et le calcul donne un  $FE_{cl}$  de 0,48.

Le facteur d'émissions par défaut ne comprend pas de correction de MgO. Pour chaque 1% de MgO tiré du carbonate, le facteur d'émissions est un supplément de 0,011 tonne de CO<sub>2</sub>/tonne de mâchefer (soit  $FE_{cl} = 0,510 + 0,011 = 0,52$  tonne de CO<sub>2</sub>/tonne de mâchefer). Parce que MgO peut aussi provenir d'une source non carbonate et parce que le MgO est maintenu faible délibérément dans le ciment portland, le vrai MgO provenant de carbonate est susceptible d'être infime. Etant donné le fait que l'hypothèse d'une source de 100% de carbonate pour le CaO donne déjà une surestimation des émissions (il y a sans doute au moins quelque contribution de CaO provenant de sources non carbonates) et qu'une partie du MgO est aussi susceptible de provenir d'une source non carbonate, une correction de MgO n'est pas obligatoire pour un calcul de Niveau 2. Pour les incertitudes liées à ces hypothèses, voir le tableau 2.3.

#### **Facteur de correction des émissions pour la poussière de four de ciment ( $CF_{ckd}$ )**

La poussière peut être générée à divers points de l'appareil de la ligne de four utilisée pour faire du mâchefer. La composition de cette poussière peut varier selon l'endroit où elle est générée, mais tout peut être inclus dans le terme « poussière de four de ciment » (CKD). Cette poussière comprend des particules dérivées des matières premières et le composant de carbonate original de la poussière peut être calciné de manière incomplète. Cette poussière peut être efficacement captée par une technologie de contrôle de la poussière avant d'être recyclée dans le four (la pratique préférée), ou peut être directement retournée dans le four dans l'air de combustion ou (après captage) elle peut être rejetée. Le degré auquel cette poussière peut être recyclée dans le four dépend du problème de qualité qui se pose ou non (par exemple, un contenu alcalin excessif) avec le mâchefer ou le ciment qui en découle. Toute poussière de four de ciment non recyclée par le four est considérée comme perdue dans le procédé et les émissions liées ne seront pas comptabilisées par le mâchefer. Dans la mesure où la poussière perdue représente les matières premières de carbonate calcinées, les émissions provenant de ces matières premières calcinées représentent un supplément d'émissions de mâchefer dans les calculs de niveaux 1 et 2 et une soustraction dans le calcul de Niveau 3.

Puisque les données concernant le montant de poussière de four de ciment produite peuvent être rares (sauf éventuellement pour l'établissement de rapport au niveau d'une usine), les *bonnes pratiques* recommanderaient d'estimer les émissions provenant de cette poussière perdue en s'appuyant sur une valeur par défaut. Le montant de CO<sub>2</sub> provenant de cette poussière perdue peut varier, mais se situe en général aux alentours de 1,5% (CO<sub>2</sub> supplémentaire par rapport à celui calculé pour le mâchefer) pour une usine moderne et de 20% pour une usine qui perd beaucoup de poussière de four de ciment hautement calcinée (van Oss, 2005). En l'absence de données, le facteur de correction par défaut pour la poussière de four de ciment ( $CF_{ckd}$ ) est de 1,02 (soit plus 2% de CO<sub>2</sub> calculé pour le mâchefer). S'il ne semble y avoir aucune perte de poussière de four de ciment calcinée dans le système, le facteur de correction pour cette poussière sera de 1,00 (van Oss, 2005). En plus de cette poussière, le Conseil mondial des affaires pour le développement durable (WBCSD) traite séparément les émissions provenant de la poussière de déviation (qui est totalement calcinée). Si les données sont disponibles, les pays peuvent se reporter au protocole du WBCSD pour estimer ces émissions (WBCSD, 2005).

Lorsque les données sont disponibles, un facteur de correction ( $CF_{ckd}$  dans l'Équation 2.2) pour les émissions « perdues » de CO<sub>2</sub> peut être calculé à l'aide de l'Équation 2.5.

Le facteur de correction de la poussière de four de ciment [PFC] ( $CF_{ckd}$ ) pour l'utilisation dans l'Équation 2.2 peut être dérivé comme suit :

<p><b>ÉQUATION 2.5</b></p> <p><b>FACTEUR DE CORRECTION POUR LES PFC NON RECYCLEES PAR LE FOUR</b></p> $CF_{ckd} = 1 + (M_d / M_{cl}) \cdot C_d \cdot F_d \cdot (EF_c / EF_{cl})$
--

À savoir:

$CF_{ckd}$  = facteur de correction des émissions pour la poussière de four de ciment, illimité

$M_d$  = poids de poussière de four de ciment non recyclée dans le four, tonnes<sup>a</sup>

$M_{cl}$  = poids de mâchefer produit, tonnes

$C_d$  = fraction de carbonate original dans la poussière de four de ciment (soit avant calcination), fraction<sup>b</sup>

$F_d$  = calcination de fraction du carbonate original dans la poussière de four de ciment, fraction<sup>b</sup>

$FE_c$  = facteur d'émissions pour le carbonate (tableau 2.1), tonnes CO<sub>2</sub>/tonne de carbonate

$FE_{cl}$  = facteur d'émissions pour le mâchefer non corrigé pour la poussière de four de ciment (soit 0,51 tonne de CO<sub>2</sub>/tonne de mâchefer), tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de mâchefer

Notes:

- a : On part de l'hypothèse que 100% de la poussière de four de ciment est d'abord captée. Si une poussière de four de ciment est libérée dans l'atmosphère, une estimation de cette quantité doit être faite et incluse dans  $M_d$ .
- b : Il est acceptable de supposer que le carbonate originel est entièrement du  $\text{CaCO}_3$  et que la proportion de carbonate originel dans la poussière de four de ciment est essentiellement la même que celle l'alimentation brute du four.

Par exemple, pour  $M_d/M_{cl} = 0,2$ ,  $C_d = 0,85$ ,  $F_d = 0,5$ , carbonate original entièrement  $\text{CaCO}_3$  (d'où  $FE_c = 0,4397$  tonne de  $\text{CO}_2$ /tonne de carbonate), et  $FE_{cl} =$  valeur par défaut de 0,51 tonne de  $\text{CO}_2$ /tonne de mâchefer, le  $CF_{ckd} = 1,073$  (non arrondi) – c'est-à-dire que cela représente environ un supplément de 7% de  $\text{CO}_2$  rien que pour le mâchefer.

### METHODE DE NIVEAU 3

Les facteurs d'émissions de Niveau 3 s'appuient sur les contenus réels de  $\text{CO}_2$  des carbonates présents (cf Équation 2.3 et tableau 2.1). L'approche de Niveau 3 nécessite le comptage total des carbonates (espèces et sources).

#### 2.2.1.3 CHOIX DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

##### MÉTHODE DE NIVEAU 1

Dans le niveau 1, les données nationales (ou d'usine, si elles existent) doivent être recueillies sur les types de ciment produits et la fraction de mâchefer du ciment afin d'estimer la production en mâchefer. La majorité de ciment hydraulique produit dans le monde est soit du ciment portland, soit des ciments mélangés (composés) à base de ciment portland (c'est-à-dire, du ciment portland (ou mâchefer) plus des additifs de pouzzolane ou de ciment) ou des ciments de maçonnerie (portland plus matériaux de plastification tels la pierre calcaire moulue). Si la production de ciment ne peut pas être répartie par type et qu'on présume que des quantités importantes de ciments mélangés et/ou de maçonnerie sont produites, en plus du ciment portland, il est acceptable en termes de *bonnes pratiques* de partir d'une hypothèse de fraction globale de mâchefer de 75%. Si la production de ciment est essentiellement entièrement du ciment portland, les *bonnes pratiques* veulent que soit utilisée une valeur par défaut de 95% de mâchefer. Toutefois, même quand les types de ciment produits dans le pays sont connus, il peut y avoir une grande variabilité dans la fraction de mâchefer du ciment dans un type donné de ciment mélangé ou de maçonnerie. Le tableau 2.2 illustre les possibilités de fractions de mâchefer dans les différents types de ciment. Pour plus d'informations, cf. DIN (1994) et ASTM (2004a, 2004b). Les pays doivent documenter clairement toutes les hypothèses sur la composition du ciment et la fraction de mâchefer utilisée pour estimer les émissions.

**TABLEAU 2.2**  
**FRACTION DE MACHEFER DANS LES 'RECETTES' DE CIMENT MELANGE ET MELANGES GLOBAUX DE PRODUIT**  
**(CONFORMEMENT AUX NORMES AMERICAINES ASTM C-150 ET C-595 ; LES DONNEES AMERICAINES PEUVENT SERVIR**  
**D'ILLUSTRATION POUR D'AUTRES PAYS)**

Dénomination du ciment	Symbole	Recette	% Mâchefer	Notes
Portland	'PC'	100% PC	95 - 97 90 - 92	Certains Etats américains autorisent une inclusion de 3% GGBFS.  Les normes récentes autorisent une inclusion de ≤ 5% de pierre calcaire moulue.
Maçonnerie	'MC'	2/3 PC	64	varie considérablement
Portland modifié par scories	I(SM)	scories < 25%	>70 - 93	
Portland BF Scories	IS	scories 25-70%	28 - 70	
Portland pouzzolane	IP et P	pouzz 15-40%	28 - 79/81	Base : PC et/ou IS
Portland modifié par pouzzolane	I(PM)	pouzz <15%	28 - 93/95	base : PC et/ou IS
Ciment de scories	S	scories 70+%	<28/29	Peut utiliser CaO à la place du mâchefer

**POURCENTAGE DE MACHEFER DANS LE MELANGE DE PRODUIT**  
**Pourcentage d'additifs (Pouzzolane + Scories) dans le ciment mélangé\***

Mélange de produit (PC/mélange)**	0%	10%	20%	30%	40%	75%
100/0	95 - 97	0	0	0	0	0
0/100	0	85.5	76	66.5	57	23.8
15/85	14.2	86.9	78.9	70.8	62.7	26.4
25/75	23.8	87.9	80.8	73.6	66.5	41.6
30/70	28.5	88.35	81.7	75.1	68.4	45.2
40/60	38	89.3	83.6	77.9	72.2	52.3
50/50	47.5	90.3	85.5	80.8 ***	76	59.4
60/40	57	91.2	87.4	83.6	79.8	66.5
70/30	66.5	92.2	89.3	86.5	83.6	73.6
75/25	71.1	92.6	90.1	87.8	85.4	77.1
85/15	80.8	93.6	92.2	90.7	89.3	84.3

Notes:

\* L'inclusion de scories permet au mélange d'être du ciment portland et /ou ciment de scories de haut fourneau portland.

Sauf pour le portland à 100%, tous les autres portlands sont sensés avoir 95% de mâchefer.

\*\* Mélange de produit se rapporte aux produits d'un pays, par ex. 75% de la production totale est du portland et le reste est mélangé.

L'hypothèse est que tout ciment hydraulique est du portland et/ou mélangé, ou pure pouzzolane. Maçonnerie serait un mélange de produit de 60/40 à 70/30 portland/mélangé, pour la colonne d'additifs 75%. Les autres ciments hydrauliques (par ex. alumineux) : hypothèse, nuls.

\*\*\* Exemple : Fraction de mâchefer où la sortie de ciment du pays est 50% de ciment de portland et 50% de ciment mélangé, et le ciment mélangé contient 70% de ciment de portland et 30% d'additifs.

Le Niveau 1 nécessite aussi une correction pour les importations et exportations de mâchefer. Les données sur la quantité de mâchefer importée et exportée d'un pays sont normalement disponibles auprès des agences nationales des douanes, des Nations Unies, des associations nationales du ciment ou des associations commerciales et/ou ministères du commerce. Les codes de tarif classique utilisés pour le commerce du mâchefer sont 661.21 (SITC) et 2523.10.00 (HTS). Il est important de faire une distinction entre les données commerciales pour le mâchefer lui-même et celles pour la catégorie combinée de ciment hydraulique et de mâchefer : [codes 661.2 (SITC) et 25.23.0000 (HTS)], et provenant des données sur les importations de ciment : [codes 661.22 – 661.29 (SITC) et 2523.21 – 2523.90 (HTS)].

## MÉTHODE DE NIVEAU 2

La méthode de Niveau 2 requiert la collecte des données de production du mâchefer. Si les études nationales couvrent actuellement les données de production de ciment, le compilateur de l'inventaire devrait rechercher la

possibilité de les étendre afin de recueillir des données sur la production de mâchefer. Les *bonnes pratiques* recommandent de tirer les données de production du mâchefer directement des statistiques nationales ou, mieux, des usines individuelles. Il est aussi suggéré que les compilateurs d'inventaire collectent les informations sur la teneur en CaO de mâchefer et la fraction de ce CaO émanant de carbonate. Lorsque les données sont disponibles sur le CaO provenant de sources non carbonates (par exemple les scories et les cendres volantes), ce CaO ne doit pas être inclus dans le contenu CaO de mâchefer utilisé pour calculer les émissions. Si possible, les données doivent être recueillies pour documenter la collecte de poussière de four de ciment et les pratiques de recyclage dans les usines et également sur la composition moyenne ou classique et la fraction de calcination de cette poussière. Collecter les données des producteurs individuels (si elles sont complètes), plutôt que d'utiliser les totaux nationaux, pourra réduire l'incertitude de l'estimation parce que ces données entreront en ligne de compte pour les variations dans les conditions au niveau des usines.

### METHODE DE NIVEAU 3

Le type de données sur les activités exigé pour le niveau 3 est sans doute disponible uniquement dans les usines individuelles. Toute entité établissant un rapport en utilisant le Niveau 3 doit veiller en sorte que toutes les entrées de carbonates (types, montants, toute source) dans le four soient totalement examinées comme faisant partie de la mise en œuvre initiale de la méthode de Niveau 3, et l'examen total répété à chaque fois qu'il y a une modification significative dans les matériaux ou les procédés. Une fois l'analyse complète des entrées de carbonates est achevée, et en partant du principe qu'il n'y a pas de modification significative dans la composition des matériaux ou les procédés de production, les *bonnes pratiques* recommanderaient de développer un facteur rigoureux d'émissions spécifiques à l'usine fondé sur l'analyse d'entrée de carbonates et appliquer ce facteur d'émissions à la production de mâchefer (calculée généralement quotidiennement). Ensuite les données de production de mâchefer peuvent alors être utilisées comme substitut pour les calculs de carbonates pour estimer les émissions. Pour les besoins de conformité aux *bonnes pratiques*, ce rapprochement doit être réajusté périodiquement.

En général, la pierre calcaire ou les roches de carbonates similaires seront des matières premières dominantes (80-90%) utilisées dans une usine de ciment quelconque, et ces données doivent être recueillies annuellement. Cependant il est probable qu'il y ait un composant carbonate dans l'argile, le schiste, le grès et d'autres matières premières supplémentaires ainsi que dans le charbon et peut-être d'autres combustibles. Si, pendant toute l'enquête, il est établi que le volume de carbonates provenant de sources secondaires est minime (par ex., moins de 5% du total de carbonate), l'usine peut appliquer une valeur constante pour la/les source(s) secondaire(s) dans les années intermédiaires avant la prochaine enquête complète. En reconnaissant que l'estimation des données d'activité pour ces plus petites sources peut mener à des erreurs d'analyse (ou autres), on peut supposer pour le calcul des émissions que la source secondaire de carbonate est le  $\text{CaCO}_3$ , mais cette hypothèse doit être documentée dans la transparence.

Les données d'activité doivent exclure tous les carbonates qui n'alimentent pas le four, mais sont simplement introduits dans le broyeur final. Par exemple, une usine peut « diluer » son ciment portland final en y ajoutant un faible pourcentage (1-5%) de pierre calcaire moulue. Les carbonates ajoutés dans le broyeur final ne sont pas calcinés et ne produisent pas de  $\text{CO}_2$ .

#### 2.2.1.4 EXHAUSTIVITE

En adoptant la méthode de Niveau 1, les compilateurs de l'inventaire doivent s'assurer qu'ils comptabilisent les importations et exportations de mâchefer. Pour les pays importateurs nets de mâchefer, ne pas déduire les importations nettes de cette substance entraînerait une surestimation des émissions provenant de la production de ciment. Pour les pays exportateurs nets de mâchefer, ne pas inclure les exportations nettes entraînerait une sous-estimation de émissions provenant des usines de ciment. Les sources potentielles de données commerciales sont abordées à la section 2.2.1.3.

Les données de production de mâchefer peuvent être accessibles dans les bases de données statistiques nationales ou peuvent être recueillies, même si ces données n'ont pas été publiées dans les statistiques nationales. Les données de production de ciment et/ou mâchefer provenant des statistiques nationales peuvent être incomplètes dans certains pays où une grande partie de la production provient de nombreux petits fours, en particulier dans les fours à axe vertical pour lesquels il est difficile d'obtenir des données.

L'exhaustivité est une question particulièrement importante à prendre en compte lorsque les données spécifiques sont utilisées pour estimer les émissions nationales en utilisant le niveau 3. Dans le cadre du niveau 3, toutes les usines de production de mâchefer doivent être prises en compte et tous les carbonates consommés pour faire du mâchefer sont incluses dans le calcul des émissions. Les usines de production de mâchefer sont bien identifiées dans chaque pays, mais les données sur la fraction de poids de carbonate(s) consommés peuvent ne pas être

facilement accessibles. Pour que la méthode de niveau 3 soit considérée « exhaustive », tous les carbonates consommés doivent être enregistrés.

Dans les pays où seul quelques sous-ensembles d'usines de mâchefer gardent des données pour la méthode de niveau 3 ou où il y a une transition du niveau 2 vers le niveau 3, il peut s'avérer impossible de rapporter des émissions en utilisant un niveau 3 pour toutes les installations pendant la transition. Lorsque les données sur les entrées de carbonates ne sont pas disponibles pour que toutes les usines puissent communiquer en utilisant le niveau 3, on peut penser à déterminer la part de production représentée par les usines qui ne communiquent pas de données et utiliser ces informations pour estimer les émissions restantes en utilisant le niveau 2 afin d'assurer l'exhaustivité pendant la période de transition. Une approche similaire peut être adoptée lorsqu'un pays passe du niveau 1 au niveau 2.

Le potentiel pour un double comptage doit être envisagé également. Par exemple, les compilateurs d'inventaire doivent revoir les statistiques utilisées pour estimer les émissions provenant de la catégories source « Autres utilisations de procédés de carbonates » pour s'assurer que les émissions rapportées dans cette catégorie source ne viennent pas de l'utilisation de ces carbonates dans la production de ciment. Lorsque les carbonates sont utilisés pour la production de ciment, les émissions doivent être rapportées dans Production de ciment. Enfin, les compilateurs d'inventaire doivent inclure uniquement les émissions liées au procédé provenant de la production de ciment dans cette catégorie source. Pour éviter le double comptage, les *bonnes pratiques* recommandent de comptabiliser les émissions liées à la combustion dans le volume Energie.

Il y a une question supplémentaire qui, tout en n'étant pas incluse dans la méthodologie actuelle, peut s'avérer utile à considérer à l'avenir. La chaux libre (CaO ne faisant pas partie des formules des minéraux de mâchefer mentionnés ci-dessus) rejetée pendant la cure du béton (c'est-à-dire provenant de l'hydratation des minéraux de mâchefer) peut potentiellement réabsorber le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère – processus appelé carbonatation. Cependant la vitesse de carbonatation est très lente (des années, voire des siècles) et, en fait, ne doit pas être considérée pour les *bonnes pratiques*. C'est un domaine pour une étude à venir avant d'être inclus dans les inventaires nationaux.

### 2.2.1.5. ELABORATION D'UNE SEQUENCE TEMPORELLE COHERENTE

Ces *Lignes directrices* présentent deux modifications dans l'estimation des émissions provenant de la production de ciment. D'abord, dans le Niveau 1, le facteur d'émissions par défaut inclut désormais un facteur de correction pour la poussière de four de ciment de 2%. Le facteur de correction pour cette poussière est maintenant inclus dans le niveau 1 parce qu'il montre mieux les sources d'émissions pendant la production de mâchefer. Les *bonnes pratiques* recommandent de recalculer les estimations précédentes des émissions de niveau 1 en utilisant le facteur d'émissions présenté dans la section 2.2.1.2.

De même, une nouvelle approche de niveau 3 fondée sur les entrées de carbonate dans la production de mâchefer a été présentée. Ces données peuvent ou non être accessibles historiquement. Si le compilateur d'inventaire choisit de mettre en œuvre le niveau 3 (à l'opposé d'une approche historique de niveau 2) pour les inventaires actuels et à venir, ils sont encouragés à recueillir ces données pour les années historiques afin de garantir une cohérence de la séquence temporelle. Si ces données ne sont pas disponibles, le compilateur d'inventaire peut se référer à « Superposition » (cf. volume 1, section 5.3) pour essayer de recalculer les estimations antérieures. La relation entre les émissions estimées à partir de l'approche (niveau 3) d'entrée de carbonates et l'approche (niveau 2) de production de mâchefer basée sur les sorties doit être relativement constante au fil du temps pour une usine donnée, mais peut ne pas réussir si le nombre d'usines ou leurs technologies ou matières premières a changé de manière significative au fil du temps. Une fois cette relation établie, les estimations antérieures peuvent être recalculées sur la base de cette relation (cf. volume 1, section 5.3). Une approche similaire peut être adoptée lorsque les compilateurs passent d'une approche de niveau 2 à une approche de niveau 3.

## 2.2.2 Evaluation d'incertitude

Les estimations d'incertitude pour la production de ciment découlent principalement des incertitudes associées aux données d'activité, et dans une moindre mesure, de l'incertitude liée au facteur d'émissions du mâchefer.

### 2.2.2.1 INCERTITUDE DE FACTEUR D'EMISSIONS

Pour le Niveau 1, la composante principale d'incertitude est la fraction de mâchefer du/des ciment(s) produit(s). Si des données fiables sur l'importation et l'exportation de mâchefer font défaut, l'incertitude de l'estimation de production de mâchefer sera plus importante. Bine que le facteur de correction de poussière de four de ciment par défaut lui-même ait une très grande incertitude, son effet sur le calcul général des émissions est encore inférieur à l'incertitude associée à la fraction de mâchefer. Dans le Niveau 2, la source principale d'incertitude

est liée à l'établissement du contenu CaO de mâchefer. Si les données de mâchefer sont accessibles, l'incertitude du facteur d'émissions est égale à l'incertitude de la fraction de CaO et à l'hypothèse que tout a été tiré du CaCO<sub>3</sub> (tableau 2.3). Pour le Niveau 3, il y a relativement peu d'incertitude associée aux facteurs d'émissions des carbonates sources parce qu'ils sont fondés sur les proportions stoechiométriques. Dans le cas du Niveau 3, l'incertitude associée aux facteurs d'émission des carbonates sources parce qu'ils s'appuient sur des ratios stoechiométriques. Il peut y avoir une incertitude associée à l'hypothèse, dans le Niveau 3, qu'il y a une calcination à 100% des carbonates dans la poussière de four de ciment.

En général, cette poussière est le facteur le moins caractérisé pour l'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de ciment, abstraction faite du Niveau appliqué.

### **2.2.2.2 INCERTITUDES DES DONNEES D'ACTIVITE**

Lorsque les données de production de mâchefer sont estimées à partir de la production de ciment, l'incertitude des données d'activité peut aller jusqu'à 35%. Pour le Niveau 2, l'incertitude dans les données sur les tonnages de production de mâchefer, lorsqu'elles existent, est d'environ 1-2%. Collecter les données provenant de producteurs individuels (si elles sont exhaustives) plutôt qu'utiliser les totaux nationaux va réduire l'incertitude de l'estimation parce que ces données vont compter pour les variations de conditions au niveau de l'usine. C'est particulièrement important pour identifier d'éventuelles différences dans la composition du mâchefer et des irrégularités dans la production annuelle (c'est-à-dire en utilisant des réserves de mâchefer au lieu de la production pour produire du ciment à divers moments). Sauf pour la poussière de four de ciment, les plus grandes sources d'incertitude associées au Niveau 3 sont les incertitudes liées à l'identification des espèces de carbonates (1-5%) et le poids des matières premières.

Bien que les émissions soient bien plus faibles que provenant des carbonates, il peut y avoir une considérable incertitude associée à l'estimation des émissions provenant de la poussière de four de ciment dans les estimations de Niveau 2, et également dans le Niveau 3 si les usines ne pèsent pas cette poussière qui n'est pas recyclée par le four ou si les usines n'ont pas de épurateur de cette poussière. Lorsque le poids et la composition de cette poussière sont inconnus pour une usine, l'incertitude sera plus élevée. À titre d'exemple, une tentative a été faite d'estimer les incertitudes approximatives pour divers facteurs dans les équations 2.1-2.5 et/ou les étapes de fabrication du mâchefer et du ciment. Les incertitudes sont présentées au tableau 2.3 et sont des incertitudes approximatives de composantes – c'est-à-dire que ce sont celles associées à une étape ou une activité spécifique dans la fabrication du mâchefer. Pour quantifier l'incertitude pour la production de ciment (mâchefer), les incertitudes par défaut données au tableau 2.3 doivent être combinées selon les indications données au Volume 1, Section 3.2.3. Lorsque des moyennes sont données pour les valeurs d'incertitude, la valeur moyenne doit être utilisée sauf si des circonstances propres à un pays ou à une usine suggèrent d'utiliser une autre valeur.

**TABLEAU 2.3**  
**VALEURS D'INCERTITUDE PAR DÉFAUT POUR LA PRODUCTION DE CIMENT**

<b>Incertitude<sup>a</sup></b>	<b>Observations</b>	<b>Niveau</b>
<b>Analyse chimique/Composition</b>		
2-7%	Hypothèse de 95 % de facteur de mâchefer dans le ciment portland	1
1-2%	Analyse chimique de mâchefer pour établir le CaO	2
3-8%	Hypothèse de 65 % de CaO dans le mâchefer	2
1-3%	Hypothèse que 100 % de CaO provient du CaCO <sub>3</sub> (incertitude plus élevée si des intermédiaires de cendre ou de scories sont utilisés, mais pas comptabilisés.)	2
1%	Hypothèse de 100 % de calcination de carbonate destinée à devenir du mâchefer	2, 3
1-3%	Détermination de kérogène (ou autre carbone non carbonate)	3
1-3%	Analyse chimique globale concernant le contenu de carbonate (masse) & type	3
1-5%	Hypothèse que l'espèce de carbonate est 100 % de CaCO <sub>3</sub>	3
<b>Données de production</b>		
1-2%	Données signalées de production de ciment (niveau usine)	1
35%	Hypothèse que la sortie pays est 100 % de ciment portland	1
10%	Utilisation des données de production estimées (statistiques nationales) d'un pays (ou ensemble d'usines).	1, 2
Variable	Utilisation de données de poids rapportées mais pas arrondies dans le ciment ou mâchefer (ex. rapport au niveau national dans de grandes unités) ; l'incertitude est une unité dans le dernier chiffre significatif montré.	1, 2
1-2%	Pesage ou calcul de la production de mâchefer ; hypothèse d'établissement de rapport complet	2
1-3%	Incertitude de pesage niveau usine de matières premières	3
<b>Poussière de four de ciment</b>		
25-35%	Hypothèse par défaut que les émissions de poussière de four de ciment = 2 % des émissions liées au procédé provenant de la production de mâchefer. L'incertitude suppose que 33-50 % du mâchefer n'est pas recyclé. Si aucun recyclage ne se fait ou si le pourcentage de calcination excède largement 50 %, l'incertitude peut être de 50 % voire plus	
1%	Hypothèse que les composants originaux dans la poussière de four de ciment sont les mêmes que le mélange de matières premières.	2, 3
1%	Hypothèse que tout le carbonate (calciné ou restant) dans la poussière de four de ciment est du CaCO <sub>3</sub>	2, 3
10-35%	Estimation de % de calcination de poussière de four de ciment	2, 3
20-80%	Hypothèse de 100 % de calcination de poussière de four de ciment	2, 3
up to 60%	Hypothèse de 50 % de calcination de poussière de four de ciment	2, 3
5%	Pesage de poussière de four de ciment captée par les nettoyeurs	2, 3
1-3%	Pesage de poussière de four de ciment captée par les nettoyeurs retournée au four de calcination	2, 3
5-10%	Pesage de poussière de four de ciment captée par les nettoyeurs non recyclée par le four de calcination (autre déchet)	2, 3
10-15%	Estimation de poids de poussière de four de ciment automatiquement redirigée vers le four de calcination	2, 3
20-30%	Estimation de poids de poussière de four de ciment si récupération ou nettoyage = 0	2, 3

TABLEAU 2.3 VALEURS D'INCERTITUDE PAR DÉFAUT POUR LA PRODUCTION DE CIMENT		
Incertitude <sup>a</sup>	Observations	Niveau
<b>Importations/Exportations</b>		
10%	Données professionnelles pour le mâchefer (si les codes tarifaires sont isolés correctement et si le ciment n'est pas inclus)	1
50% du tonnage d'importation	Surestimation due à la non déduction pour les importations nettes de mâchefer pour la consommation (parce que, selon l'Équation 2.4, le CO <sub>2</sub> est d'environ la moitié du poids de mâchefer)	1
<sup>a</sup> Estimations à partir du jugement des experts.		

## 2.2.3 Assurance qualité/Contrôle qualité (AQ/CQ), établissement de rapport et documentation

### 2.2.3.1 ASSURANCE QUALITE/CONTROLE QUALITE (AQ/CQ)

En plus des indications générales sur l'AQ/CQ, des procédures spécifiques de pertinence pour cette catégorie source sont détaillées ci-dessous.

#### COMPARAISON DES ESTIMATIONS D'ÉMISSIONS PAR DIFFÉRENTES APPROCHES

Des comparaisons peuvent être faites entre les estimations d'émissions en utilisant différents niveaux. Par exemple, si une approche ascendante est utilisée pour rassembler des données d'activité (ex. : collecte de données d'une usine), les compilateurs d'inventaire doivent comparer les estimations d'émissions aux estimations calculées en utilisant les données de production nationales pour le ciment ou le mâchefer (approche descendante). Dans les cas où une approche mixte de Niveau 1/2 ou de Niveau 2/3 est utilisée pendant une période de transition, les *bonnes pratiques* recommandent aussi d'estimer les émissions pour toutes les installations en utilisant le niveau inférieur afin de comparer les résultats de l'analyse aux résultats obtenus par l'approche mixte. Les résultats de ces comparaisons doivent être enregistrés pour la documentation interne avec des explications pour tous les écarts.

#### REVISION DES FACTEURS D'ÉMISSIONS

Les compilateurs d'inventaire doivent comparer les facteurs agrégés d'émissions nationales aux facteurs par défaut du GIES afin d'établir si le facteur national est raisonnable par rapport au facteur par défaut du GIES. Les différences entre les facteurs nationaux et les facteurs par défaut doivent être expliquées et documentées, en particulier si elles sont représentatives de différentes circonstances.

Si l'approche descendante est utilisée, mais des données limitées spécifiques aux usines sont disponibles, les compilateurs d'inventaire doivent comparer les facteurs au niveau du site ou de l'usine au facteur agrégé utilisé pour l'estimation nationale. Ceci donnera une indication de la vraisemblance et de la représentativité des données.

#### VERIFICATION DES DONNÉES D'ACTIVITÉ SPÉCIFIQUES AU SITE

Pour les données spécifiques au site, les compilateurs d'inventaire doivent revoir les incohérences entre les sites pour déterminer s'ils reflètent des erreurs, des techniques différentes de mesure, ou s'ils résultent de réelles différences dans les émissions, les conditions de fonctionnement ou la technologie. Pour la production de ciment, les compilateurs d'inventaire doivent comparer les données d'usine (contenu de CaO dans le mâchefer, contenu de mâchefer dans le ciment) à d'autres usines du pays.

Les compilateurs d'inventaire doivent s'assurer que les facteurs d'émissions et les données d'activité sont conçus conformément aux méthodes de mesure reconnues et confirmées internationalement. Si les pratiques de prise de mesures ne satisfont pas à ce critère, l'utilisation de ces émissions ou des données d'activité doit être évaluée soigneusement, les estimations d'incertitude reconsidérées et les qualifications documentées. Si les normes de mesure sont élevées et l'AQ/CQ en place sur la plupart de sites, l'incertitude des estimations d'émissions peut être revue à la baisse.

## 2. ÉTABLISSEMENT DE RAPPORT ET DOCUMENTATION

Les *bonnes pratiques* recommandent de documenter et d'archiver toutes les informations requises pour produire les estimations de l'inventaire d'émissions nationales. La documentation spécifique et l'établissement de rapport approprié à cette catégorie source suivent.

### METHODE DE NIVEAU 1

En plus des données sur la production de ciment, la quantité d'importations et d'exportations de mâchefer doit aussi être rapportée. Toute information concernant le contenu CaO de mâchefer doit être documentée, y compris en utilisant les valeurs par défaut différentes de celles traitées à la Section 2.2.1.2.

### METHODE DE NIVEAU 2

La documentation de niveau 2 doit inclure une description de la manière dont a été estimée la production de mâchefer par l'entité auteur du rapport (à savoir, pesée directement, poids établi par volume de stock de mâchefer, calculée à partir des entrées de matières premières, etc.) et à quel niveau les données d'activité ont été rassemblées (niveau usine ou national). La méthode (par exemple, spécifique au pays ou GIES par défaut) pour établir le contenu CaO de mâchefer doit être documentée avec toutes les informations spécifiques à l'usine sur la quantité et le type d'intermédiaires non carbonates pour le four, comme les scories ou les cendres volantes. Toutes les procédures utilisées pour quantifier et établir le degré de calcination de poussière de four de ciment doivent être documentées. Si l'hypothèse que les émissions de cette poussière sont égales à 2% des émissions provenant de la production de mâchefer est faite, ceci doit être rapporté de manière transparente.

### METHODE DE NIVEAU 3

En documentant la méthode de niveau 3, il est important de documenter toutes les procédures entreprises et les méthodologies utilisées pour identifier la fraction de poids et l'identité de tous les carbonates y compris les carbonates incorporés dans tout argile, schiste, grès ou autres matières premières supplémentaires, consommés comme matières premières avec les facteurs d'émissions correspondants.

L'estimation des émissions totales provenant des entrées de carbonates peut surestimer les émissions si les carbonates ne sont pas totalement calcinés. Toutes les corrections doivent être documentées. Ceci comprend la documentation de la fraction de calcination des matières premières et la quantité et fraction de calcination de la poussière de four de ciment.

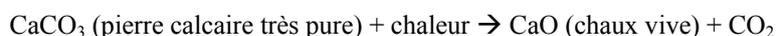
Les usines pourraient estimer difficile d'entreprendre les analyses chimiques de toutes les entrées de matières premières quotidiennement pour les calculs de CO<sub>2</sub>. Au lieu de cela, une enquête complète aura lieu dans chaque installation un certain nombre de fois tout au long de l'année pour caractériser complètement les entrées de carbonates. Les usines pourraient établir une relation entre l'entrée de carbonate et la production de mâchefer qui sera appliquée au calcul de routine de l'usine de la sortie de mâchefer pour les périodes intermédiaires. En plus de l'identification de toutes les procédures utilisées pour calculer les émissions provenant des entrées de carbonates, toutes les étapes nécessaires pour identifier la relation entre l'entrée de carbonate et la production de mâchefer doivent être documentées.

Toutes les informations sous-jacentes doivent être documentées et rapportées ; les *bonnes pratiques* estiment qu'il ne faut pas se borner à rapporter les seules estimations finales d'émissions.

## 2.3 PRODUCTION DE LA CHAUX

### 2.3.1 Questions méthodologiques

L'oxyde de calcaire (CaO ou chaux vive) est formé en chauffant la pierre calcaire pour décomposer les carbonates. Ceci est habituellement fait dans des fours à axe ou tournants à haute température et le procédé rejette du CO<sub>2</sub>. Selon les exigences du produit (ex. : métallurgie, papier et pâte à papier, matériaux de construction, traitement des effluents, adoucissement d'eau, contrôle de pH et stabilisation du sol), la pierre calcaire à haute teneur en calcium (calcite) est d'abord utilisée conformément à la réaction suivante :



La dolomie et les pierres à chaux dolomitiques (avec beaucoup de magnésium) peuvent aussi être traités à haute température pour obtenir de la chaux dolomitique (et dégager du CO<sub>2</sub>) conformément à la réaction suivante :  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomie) + chaleur  $\rightarrow$   $\text{CaO}\cdot\text{MgO}$  (chaux dolomitique) + 2CO<sub>2</sub>. Dans certaines installations, la chaux hydratée (éteinte) est produite en utilisant des opérations d'hydratation supplémentaire.

La production de la chaux implique une série de mesures y compris l'extraction de matières premières, le broyage et classement par dimension, la calcination des matières premières pour produire de la chaux et (si nécessaire) l'hydratation de la chaux pour obtenir de l'hydroxyde de calcium.

La consommation de chaux en tant que produit peut, dans certains cas, ne pas produire d'émissions nettes de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. L'utilisation de chaux hydratée pour adoucir l'eau, par exemple, donne du CO<sub>2</sub> qui réagit avec la chaux pour reformer du carbonate de calcium, et ne donne aucune émission nette de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. De même, le carbonate de calcium précipité, utilisé dans l'industrie du papier ainsi que dans d'autres applications industrielles, est un produit dérivé de la réaction de la chaux vive à haute teneur en calcium hydratée avec du CO<sub>2</sub>. Pendant le procédé de raffinage du sucre, la chaux est utilisée pour ôter les impuretés du jus de la canne crue ; tout excès de chaux peut être supprimé par carbonatation. Toute recarbonatation dans ces industries spécifiques peut être calculée et rapportée uniquement lorsque des méthodes avérées et validées sont utilisées pour calculer le volume de CO<sub>2</sub> qui réagit avec la chaux pour reformer du carbonate de calcium. Lorsque ces conditions sont remplies, cela peut être rapporté dans la catégorie 2H, Autre.

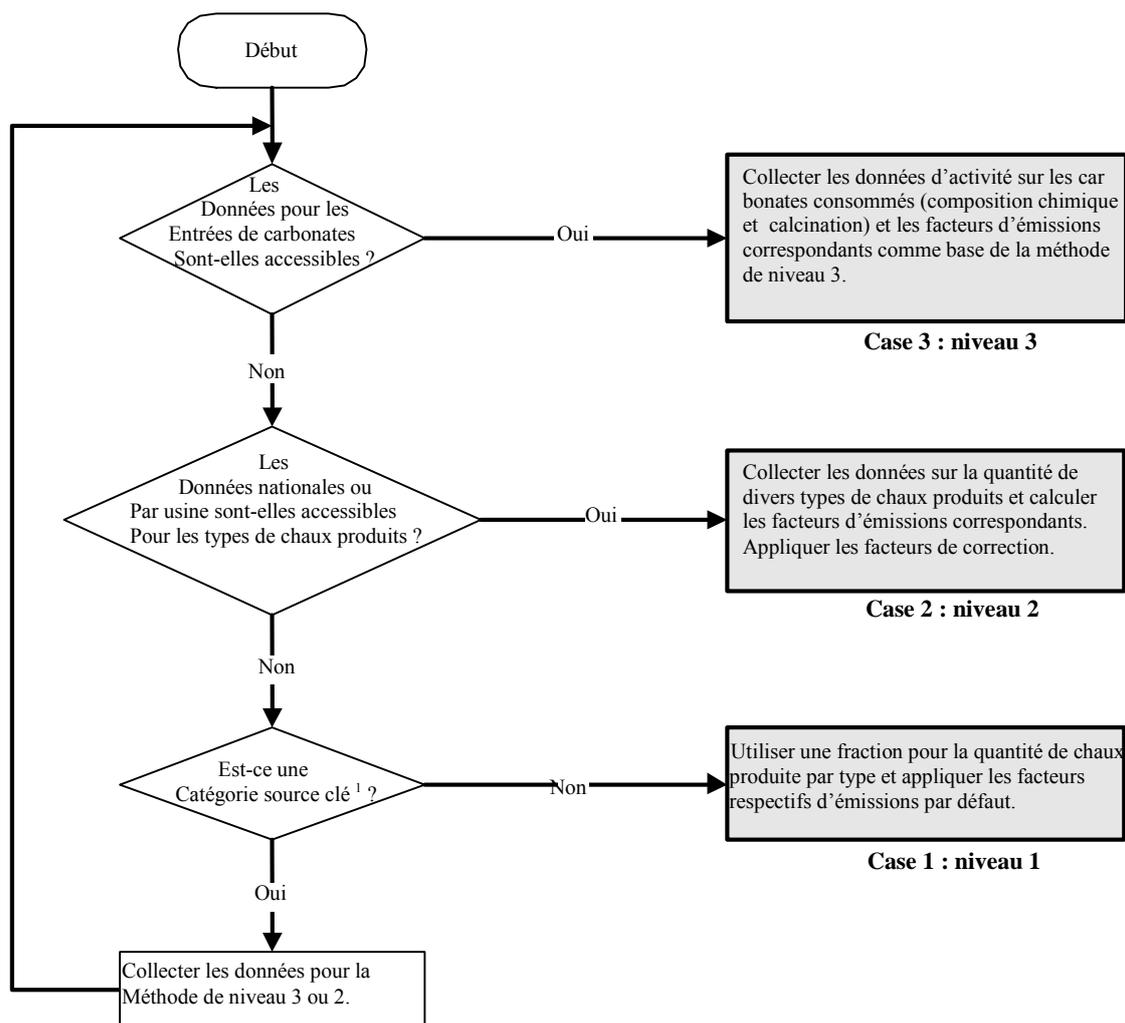
Comme abordé dans la section 2.3.1.3, la poussière de four de chaux (LKD) peut être engendrée pendant la production de la chaux. Les estimations d'émissions élaborées à l'aide des Niveau 2 et 3 doivent prendre en compte les émissions associées avec cette poussière.

### 2.3.1.1 CHOIX DE LA METHODE

Comme c'est le cas pour les émissions provenant de la production de ciment, il y a trois principales méthodologies pour estimer les émissions provenant de la production de la chaux : une approche qui s'appuie sur la sortie, qui utilise les valeurs par défaut (niveau 1), une approche qui s'appuie sur la sortie, qui estime les émissions à partir de la production de CaO et CaO·MgO et des informations spécifiques au pays pour les facteurs de correction (niveau 2) et une approche qui s'appuie sur l'entrée de carbonates (niveau 3). Contrairement à la méthode de niveau 3 qui requiert une évaluation spécifique à l'usine, les méthodes de niveau 1 et 2 peuvent être appliquées soit aux statistiques nationales, ou quand cela est possible, aux statistiques par usine. Le choix de la méthode de *bonnes pratiques* dépend des circonstances nationales, comme le montre la figure 2.2.

Les *bonnes pratiques* recommandent d'évaluer les statistiques nationales disponibles pour l'exhaustivité et pour la proportion de pierre calcaire par rapport à la dolomie utilisée dans la production de la chaux. Certaines industries produisent des réactifs de chaux – non commercialisés – pour leurs propres procédés (par exemple, l'industrie métallurgique et sidérurgique l'utilise comme agent de scorification). Toute production de la chaux, qu'elle soit produite à des fins commerciales ou non, doit être rapportée dans la sous-catégorie GIES 2A2 Production de la chaux.

**Figure 2.2** Arbre décisionnel pour l'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de la chaux.



Note :

1 : cf. volume 1 chapitre 4 : choix méthodologique et identification des catégories clés (section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour une discussion de catégories de source clé et utilisation des diagrammes décisionnels.

## METHODE DE NIVEAU 1

La méthode de niveau 1 s'appuie sur l'application d'un facteur d'émissions par défaut aux données de production de la chaux au niveau national. Alors que les informations spécifiques au pays sur la production de la chaux par type (par exemple, chaux à forte teneur en calcium, chaux dolomitique ou chaux hydraulique) ne sont pas nécessaires pour les *bonnes pratiques* dans le niveau 1, lorsque les données sont disponibles pour identifier les types spécifiques de chaux produite dans le pays, ceci peut être utilisé. Il n'est pas nécessaire en termes de *bonnes pratiques* de comptabiliser la poussière de four à chaux dans le niveau 1.

## METHODE DE NIVEAU 2

Lorsque les données de niveau national sur les types de chaux produite existent, les *bonnes pratiques* recommandent d'estimer les émissions en utilisant l'équation 2.6. La méthode de Niveau 2 requiert des données spécifiques au pays sur la proportion de chaux hydratée produite. Il est également nécessaire d'obtenir les proportions classiques de chaux produite par la production de poussière de four à chaux au niveau de l'usine.

**ÉQUATION 2.6****NIVEAU 2 : ÉMISSIONS BASEES SUR LES DONNEES DE PRODUCTION NATIONALE DE CHAUX PAR TYPE**

$$Emissions\ CO_2 = \sum_i (FE_{lime,i} \cdot M_{l,i} \cdot CF_{lkd,i} \cdot C_{h,i})$$

À savoir:

Émissions de CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de la chaux, tonnes

FE<sub>lime,i</sub> = facteur d'émissions pour la chaux de type *i*, tonnes CO<sub>2</sub>/tonne chaux (cf Équation 2.9)

M<sub>l,i</sub> = production de la chaux de type *i*, tonnes

CF<sub>lkd,i</sub> = facteur de correction pour la poussière de four à chaux pour chaux de type *i*, illimité  
Cette correction peut être comptabilisée tout comme pour la poussière de four à ciment (Équation 2.5, mais omettant le facteur (E<sub>f<sub>c</sub></sub>/E<sub>f<sub>cl</sub></sub>))

C<sub>h,i</sub> = facteur de correction pour chaux hydratée de type *i* de chaux, illimité (cf. discussion dans la Section 2.3.1.3, Choix des données d'activité.)

*i* = chacun des types de chaux spécifiques listés au tableau 2.4

**METHODE DE NIVEAU 3**

Le niveau 3 s'appuie sur la collecte de données d'usine sur le(s) type(s) et quantité(s) de carbonate(s) consommés pour produire de la chaux ainsi que le(s) facteur(s) d'émissions respectifs des carbonate(s) consommé(s). La méthode de niveau 3 pour estimer les émissions provenant de la production de la chaux est similaire à l'Equation 2.3 pour la production de ciment, sauf qu'il y a une correction pour la poussière de four à chaux, par opposition à la poussière de four de ciment et il est inutile de corriger pour les émissions de matériaux non combustibles porteurs de carbone. Contrairement à la poussière de four de ciment et aux fours de ciment, la poussière de four à chaux est rarement recyclée par le four à chaux (mais la poussière du four à chaux peut être utilisée comme intermédiaire pour le four à ciment). Pour estimer les émissions dans l'équation 2.7 l'hypothèse est que la poussière de four à chaux est recyclée dans le four.

**EQUATION 2.7****NIVEAU 3 : ÉMISSIONS BASEES SUR LES ENTREES DE CARBONATES**

$$Emissions\ CO_2 = \sum_i (FE_i \cdot M_i \cdot F_i) - M_d \cdot C_d \cdot (1 - F_d) \cdot FE_d$$

À savoir:

Émissions de CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> pour la production de la chaux, tonnes

FE<sub>*i*</sub> = facteur d'émissions pour carbonate *i*, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de carbonate (cf tableau 2.1)

M<sub>*i*</sub> = poids ou masse de carbonate *i* consommée, tonnes

F<sub>*i*</sub> = fraction de calcination obtenue pour le carbonate *i*, fraction<sup>a</sup>

M<sub>*d*</sub> = poids ou masse de poussière de four à chaux, tonnes

C<sub>*d*</sub> = fraction de poids du carbonate original dans la poussière du four à chaux, fraction<sup>a</sup>. Ce facteur peut être comptabilisé de la même manière que pour la poussière de four de ciment.

F<sub>*d*</sub> = fraction de calcination obtenue pour la poussière de four à chaux, fraction<sup>a</sup>

FE<sub>*d*</sub> = facteurs d'émissions pour le carbonate non calciné dans la poussière de four à chaux, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de carbonate<sup>b</sup>

Notes sur les défauts pour l'équation 2.7

À : Fractions de calcination : En l'absence de données réelles, il est cohérent avec les *bonnes pratiques* de supposer que le degré de calcination obtenue est de 100% (i.e., F<sub>*i*</sub> = 1,00) ou tout proche. Pour la poussière de four à chaux, a F<sub>*d*</sub> de <1,00 est plus vraisemblable, mais les données peuvent montrer une grande variabilité et une fiabilité relativement faible. En l'absence de données fiables pour la

poussière de four à chaux, une hypothèse de  $F_d = 1,00$  sera nulle en dehors de la correction de soustraction pour le carbonate non calciné restant dans la poussière de four à chaux.

B : Parce que le carbonate de calcium est essentiellement le carbonate dominant dans les matières premières, en l'absence de meilleures données on peut supposer que cela représente 100% du carbonate restant dans la poussière de four à chaux. Il est ainsi cohérent avec les *bonnes pratiques* de fixer  $C_d$  égal à la proportion de carbonate de calcium dans l'intermédiaire de matière première pour le four. De même, en l'absence de meilleures données il est cohérent avec les *bonnes pratiques* d'utiliser le facteur d'émissions pour le carbonate de calcium pour  $EF_d$ .

### 2.3.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSIONS

#### METHODE DE NIVEAU 1

Le niveau 1 est une méthode fondée sur la sortie et applique un facteur d'émissions à la quantité totale de chaux produite. Le facteur d'émissions est fondé sur les proportions stoechiométriques illustrées au tableau 2.4, qui varient selon le type de chaux produit. La proportion stoechiométrique est le taux de  $CO_2$  rejeté par le précurseur de carbonate de la chaux, en supposant que le degré de calcination était de 100% et en supposant qu'il n'y a pas de poussière de four à chaux. Par exemple, 1 tonne de CaO exige la calcination de 1,785 tonnes de  $CaCO_3$  et ce rejet de 0,785 tonne de si totalement calcinée.

En l'absence de données propres à un pays, il est de *bonnes pratiques* de partir de l'hypothèse de 85% de la production de la chaux à haute teneur en calcaire et 15% de la production de la chaux dolomitique (Miller, 1999). Fondée sur cette hypothèse, l'équation 2.8 illustre le calcul du facteur d'émissions de niveau 1 pour la production de la chaux.

ÉQUATION 2.8			
FACTEUR D'EMISSIONS PAR DEFAUT DE NIVEAU 1 POUR LA PRODUCTION DE LA CHAUX			
$EF_{chaux}$	=	$0,85 \cdot EF$	+ $0,15 \cdot EF_{dolomitidine}$
	=	$0,85 \cdot 0,75 + 0,15 \cdot 0,77^c$	
	=	$0,6375 + 0,1155$	
	=	$0,75 \text{ tonneCO}_2 / \text{ tonne chaux produite}$	

Notes sur les défauts dans l'équation 2.8

À : le défaut FE pour la chaux dolomitique peut être 0,86 ou 0,77 selon la technologie utilisée pour la production de la chaux. Cf. tableau 2.4.

**TABLEAU 2.4**  
**PARAMETRES DE BASE POUR LE CALCUL DES FACTEURS D'ÉMISSIONS POUR LA PRODUCTION DE LA CHAUX**

Type de chaux	Proportion stoechiométrique [tonnes de CO <sub>2</sub> par tonne de CaO ou de CaO·MgO] (1)	Etendue de teneur en CaO [%]	Etendue de la teneur <sup>d</sup> en MgO [%]	Valeur par défaut pour la teneur en CaO ou CaO·MgO [fraction] (2)	Facteur d'émissions par défaut [tonnes de CO <sub>2</sub> par tonne de chaux] (1) • (2)
Chaux à haute teneur en calcium <sup>a</sup>	0,785	93-98	0,3-2,5	0,95	0,75
Chaux dolomitique <sup>b</sup>	0,913	55-57	38-41	0,95 ou 0,85 <sup>c</sup>	0,86 ou 0,77 <sup>c</sup>
Chaux hydraulique <sup>b</sup>	0,785	65-92 <sup>e</sup>	NA	0,75 <sup>e</sup>	0,59

Source:  
<sup>a</sup> Miller (1999b) à partir de ASTM (1996) et Schwarzkopf (1995).  
<sup>b</sup> Miller (1999a) à partir de Boynton (1980).  
<sup>c</sup> Cette valeur dépend de la technologie utilisée pour la production de la chaux. La valeur supérieure est suggérée pour les pays développés, la valeur inférieure pour les pays en développement.  
<sup>d</sup> Il n'y a pas de formule chimique exacte pour chaque type de chaux parce que la chimie du produit de chaux est déterminée par la chimie de la pierre calcaire ou du calcaire magnésien utilisé pour fabriquer de la chaux.  
<sup>e</sup> Contenu total de CaO (y compris celui dans les phases de silicate).

## METHODE DE NIVEAU 2

Comme dans le niveau 1, le facteur d'émissions pour la production de la chaux dans le niveau 2 reflète les proportions stoechiométriques entre le CO<sub>2</sub> et le CaO et/ou le CaO·MgO, et une correction pour comptabiliser la teneur en CaO ou de CaO·MgO de la chaux. Cependant, contrairement au niveau 1, la méthode 2 exige l'utilisation des données de niveau national concernant la production de la chaux par type. Il est recommandé d'appliquer l'équation 2.9 pour calculer les facteurs d'émissions et prendre en compte le contenu de CaO ou de CaO·MgO.

**EQUATION 2.9**  
**FACTEURS D'ÉMISSIONS DE NIVEAU 2 POUR LA PRODUCTION DE LA CHAUX**

$$FE_{chaux,a} = SR_{CaO} \cdot ContenuCaO$$

$$FE_{chaux,b} = SR_{CaO \cdot MgO} \cdot CaO \cdot ContenuMgO$$

$$FE_{chaux,c} = SR_{CaO} \cdot ContenuCaO$$

A savoir:

$FE_{chaux,a}$  = facteur d'émissions pour la chaux vive (chaux à haute teneur en calcaire), tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de chaux

$FE_{chaux,b}$  = facteur d'émissions pur la chaux dolomitique, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de chaux

$FE_{chaux,c}$  = facteur d'émissions pour la chaux hydraulique, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de chaux

$SR_{CaO}$  = proportion stoechiométrique de CO<sub>2</sub> et de CaO (cf tableau 2.4), tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de CaO

$SR_{CaO \cdot MgO}$  = proportion stoechiométrique de CO<sub>2</sub> et de CaO·MgO (cf tableau 2.4), tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de CaO·MgO

Contenu CaO = contenu de CaO (cf tableau 2.4), tonnes de CaO/tonne de chaux

Contenu de CaO·MgO = contenu de CaO·MgO (cf tableau 2.4), tonnes de CaO·MgO/tonne de chaux

## METHODE DE NIVEAU 3

Les facteurs d'émissions de Niveau 3 s'appuient sur les carbonates réels présents (Cf. équation 2.7 et tableau 2.1.) Le Niveau 3 exige la comptabilisation totale de carbonates (espèces et sources) et peut comprendre une correction (c'est à dire soustraction) pour la poussière de four à chaux non calcinée.

### 2.3.1.3 CHOIX DE DONNEES D'ACTIVITE

Certaines industries produisent de la chaux et la consomment pour leurs opérations. La quantité de chaux peut ne jamais arriver sur le marché. Il est important lorsqu'on rassemble des données d'activité pour la production de la chaux que la production de la chaux commercialisée ou non soit incluse. Dans de nombreux pays, obtenir des statistiques sur la production de la chaux non commercialisée peut s'avérer difficile. Il est suggéré aux compilateurs d'inventaire d'identifier les industries potentielles où la chaux non commercialisée peut être produite (ex. : la métallurgie, pâte à papier et papier, raffinerie de sucre, carbonate de calcaire précipité, adoucisseurs d'eau) et de se renseigner si cette production existe. Comme les quantités de chaux produites à des fins non commerciales peuvent varier significativement d'un pays à un autre et d'une industrie à une autre, il est impossible de fournir une valeur par défaut pour estimer ces données d'activité.

## METHODE DE NIVEAU 1

Dans le niveau 1, les compilateurs d'inventaire peuvent utiliser des valeurs par défaut pour les variables suivantes : (1) les types de chaux produits et/ou (2) la proportion de chaux hydratée produite. Le tableau 2.4 fournit des données sur les proportions stoechiométriques, l'échelle des teneurs en CaO et CaO·MgO et les facteurs d'émissions par défaut qui en résultent, pour les principaux types de chaux produits. Lorsque les données désagrégées pour la séparation des types de chaux n'existent pas, les *bonnes pratiques* recommandent de partir de l'hypothèse que 85% est une chaux à haute teneur en calcaire et 15% une chaux dolomitique (Miller, 1999) et la proportion de chaux hydraulique doit être considérée comme nulle sauf si d'autres informations sont disponibles.

La méthode de Niveau 1 pour la production de la chaux n'incorpore pas de correction pour la poussière de four à chaux. Le potentiel existe pour exclure certaines sources de chaux dans l'inventaire national à cause des problèmes avec les données d'activité (cf sections 2.3.1.4 et 2.3.2.2). La méthode de niveau 1 pourrait considérablement sous-estimer les émissions si ces questions ne sont pas soigneusement examinées.

## METHODE DE NIVEAU 2

Dans la mise en œuvre de la méthode de niveau 2 il est important de rassembler des données désagrégées pour les trois types de chaux puisque cela va permettre d'améliorer l'estimation des émissions. Il y a trois types principaux de chaux non hydratées :

- Chaux à haute teneur en calcium (CaO + impuretés) ;
- Chaux dolomitique (CaO·MgO + impuretés) ;
- Chaux hydraulique (CaO + silicates de calcium hydrauliques) qui est une substance entre la chaux et le ciment.

La distinction entre ces types de chaux est principalement due au fait est que les deux premiers ont des facteurs d'émissions différents. Il est aussi important de corriger pour la proportion de chaux hydratée dans la production. De même que la méthode de niveau 2 pour la production du ciment, les données doivent être rassemblées dans toutes les sources de CaO de non carbonates (selon le cas).

Des volumes significatifs de poussière de four à chaux peuvent être traités comme produit dérivé pendant la production de la chaux. Les quantités obtenues dépendent du type de four et des caractéristiques des carbonates utilisés. Selon Boynton (1980) un four moyen à rotation rendra une perte de poussière par usure de 9 à 10% par tonne de chaux produite, ou 16 à 18% de l'entrée de matières premières. La composition chimique de la poussière de four à chaux varie selon l'entrée de matières premières, mais une poussière de four à chaux classique de chaux à haute teneur en calcium peut contenir 75% de combinaison d'oxyde de calcium et de carbonate de calcium non calciné (dans une proportion d'environ 50 : 50), avec les impuretés restantes consistant en silices, oxydes d'aluminium et de fer, et du sulfate (selon le combustible utilisé). La correction pour la poussière de four à chaux dans les méthodes de niveau 2 et 3 est analogue à la poussière de four de ciment dans la production du ciment dans la méthodologie et la valeur par défaut. Si possible, les données doivent être rassemblées dans des proportions classiques de poussière de poudre à chaux de la production de la chaux et dans la composition classique de cette poussière. En l'absence de données, le compilateur d'inventaire peut supposer un ajout de correction de 2% pour comptabiliser cette poussière (soit, multiplier les émissions par 1,02).

Les fours verticaux produisent de faibles quantités de poussière de four à chaux et l'on estime qu'un facteur de correction de cette poussière provenant de fours verticaux serait négligeable et ne nécessite aucune estimation.

### METHODE DE NIVEAU 3

Il est de *bonnes pratiques* de rassembler les données spécifiques à une usine pour la fraction de poids de carbonate(s) consommé(e) pour la production de la chaux et la fraction de calcination obtenue. Les données doivent aussi être rassemblées pour le montant (poids sec) et la composition de poussière de four à chaux produite. De même que la méthode de niveau 3 pour la production de ciment, les émissions provenant de cette poussière de four à chaux doivent être soustraites des estimations de niveau 3.

Certaines questions clés doivent être considérées dans l'estimation des données de consommation de carbonate. Les données doivent être accessibles et rassemblées au niveau de l'usine puisque les statistiques nationales de consommation de carbonates pour la production de la chaux peuvent être incomplètes. Comme la production de ciment, bien que la pierre calcaire et/ou la dolomie soient susceptibles d'être des carbonates prédominants, il est important de garantir que toutes les entrées de carbonates soient identifiées et comptabilisées.

### CORRECTION POUR LA PROPORTION DE CHAUX HYDRATÉE

Les chaux à haute teneur en calcium et dolomitiques peuvent être éteintes et converties en chaux hydratée qui est du  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ou  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$ . Il est de *bonnes pratiques* d'inclure une correction pour la chaux hydratée dans le cadre du Niveau 2, et lorsque les données sont accessibles, dans le Niveau 1. Si les données ne sont pas disponibles pour le Niveau 1, il est de *bonnes pratiques* de partir d'une production de la chaux hydratée nulle.

Si  $x$  est la proportion de chaux hydratée et  $y$  est son contenu d'eau, il est de *bonnes pratiques* de multiplier la production par un facteur de correction  $1 - (x \cdot y)$ . Puisque la grande majorité de la chaux hydratée produite est à haute teneur en calcium (90%), les valeurs par défaut sont  $x=0,10$  et  $y = 0,28$  (contenu d'eau par défaut), qui a entraîné un facteur de correction de 0,97. Ce facteur de correction par défaut pour la chaux hydratée peut être inclus dans l'Équation 2.6.

#### 2.3.1.4 EXHAUSTIVITE

Des données d'activité complètes (c'est-à-dire : production de la chaux) sont nécessaires pour les *bonnes pratiques*. De manière classique, la production rapportée ne comptabilise qu'une partie de la production réelle parce que les statistiques de production de la chaux peuvent considérer uniquement un produit vendu sur le marché. L'utilisation ou la production de la chaux comme intermédiaire non commercialisé n'est pas bien comptabilisée ou rapportée. Par exemple, de nombreuses usines qui produisent de l'acier, des cendres de soude synthétiques, du carbure de calcium, des magnésiums et du métal de magnésium, ainsi que les fondeurs de cuivre et les moulins à cannes, produisent de la chaux mais peuvent ne pas le rapporter aux agences nationales. L'omission de ces données peut mener à une sous-estimation de la production de la chaux pour un pays par un facteur de deux ou plus. De même, il peut y avoir une production de la chaux de niveau de village ou artisanale pour des besoins sanitaires ou blanc de chaux. Toute production de la chaux doit être rapportée dans cette catégorie source, qu'elle soit produite dans des fours à chaux comme produit commercialisé ou produite par un réactif intermédiaire non commercialisé.

Les compilateurs d'inventaire doivent faire montre de prudence pour éviter un double comptage, ou les omissions, entre la catégorie source et les émissions de consommation de pierre calcaire et de dolomite. Une autre source potentielle de double comptage que le compilateur d'inventaire doit percevoir comme associé à la chaux hydratée. Si la production de la chaux est corrigée pour la chaux hydratée sans déterminer au préalable si la chaux utilisée pour produire la chaux hydratée est incluse dans la production totale de chaux qui pourrait être comptabilisée deux fois.

Comme pour la discussion sur le ciment, lors de l'utilisation de niveau 3, il est important que toutes les entrées de carbonates (ex. : la pierre calcaire, la dolomie, etc.) soient comptabilisées sur la base d'une usine.

Finalement, les mortiers à base de chaux utilisés dans la construction tirent leur force par l'absorption de  $\text{CO}_2$ , mais les taux de la réaction de carbonatation qui se produit dans la pratique sont très incertains. Comme on pense que ce procédé pour la carbonatation des mortiers peut prendre des mois, voire des décennies, il n'a pas été introduit comme facteur dans les calculs d'émissions. Il serait contraire aux *bonnes pratiques* d'inclure ce facteur dans les calculs d'émissions à cette étape. C'est un domaine d'étude à aborder dans le futur avant de l'inclure dans les inventaires nationaux.

### **2.3.1.5 ELABORATION D'UNE SEQUENCE TEMPORELLE COHERENTE**

Les *bonnes pratiques* recommandent de calculer les émissions provenant de la production de la chaux en utilisant la même méthode pour chaque année de la séquence temporelle. Ces Lignes directrices introduisent une nouvelle approche de Niveau 3 fondée sur l'entrée de carbonate dans la production de la chaux. Ces données peuvent être disponibles historiquement ou non. Si le compilateur d'inventaire choisit de mettre en oeuvre ce Niveau pour les inventaires actuels et futurs, il est encouragé à rassembler ces données pour les années antérieures afin de garantir la cohérence de la séquence temporelle. Lorsque ces données ne sont pas disponibles, le compilateur d'inventaire peut se reporter à « Approche de chevauchement (cf. Volume 1, section 5.3) pour tenter de recalculer les estimations précédentes.

Lorsque les données ne sont pas disponibles, les compilateurs d'inventaire passant d'une approche de Niveau 1 à un Niveau 2 peuvent partir de l'hypothèse qu'il n'y a pas eu de changement significatif dans le pays provenant de l'utilisation de l'entrée d'un carbonate par un autre pour la production de la chaux. C'est sans doute une hypothèse raisonnable, plus particulièrement puisque la pierre calcaire est essentiellement l'entrée prédominante de carbonate.

Les compilateurs d'inventaire doivent désagréger les données de production de la chaux dans les trois types mentionnés : chaux à haute teneur en calcium, chaux dolomitique et chaux hydraulique. Lorsque les données spécifiques au pays ne sont pas disponibles pour toute la séquence temporelle de proportion de chaux consommée, ou la proportion de chaux hydratée, les années manquantes peuvent être estimées par les approches de tendance interpolatoire ou extrapolatoire comme définies dans le volume 1, section 5.3, ou en supposant que l'année en cours reflète la proportion de chaux produite dans les années précédentes de la séquence temporelle.

### **2.3.2 Estimation d'incertitudes**

Les estimations d'incertitudes pour la production de la chaux proviennent essentiellement des incertitudes associées aux données d'activité et, dans une moindre mesure, de l'incertitude liée au facteur d'émissions. Pour plus d'informations, voir l'exposé sur l'incertitude ci-dessus pour la production du ciment.

<b>TABLEAU 2.5</b>		
<b>VALEURS D'INCERTITUDE PAR DEFAUT POUR L'ESTIMATION DES EMISSIONS DE CO<sub>2</sub> PROVENANT DE LA PRODUCTION DE LA CHAUX</b>		
<b>Incertitude</b>	<b>Observations</b>	<b>Niveau</b>
4-8%	Incertitude dans l'hypothèse d'un CaO moyen dans la chaux	1, 2
2%	Facteur d'émissions de la chaux à haute teneur en calcium	1, 2
2%	Facteur d'émissions de chaux dolomitique	1, 2
15%	Facteur d'émissions de chaux hydraulique	1, 2
5%	Correction pour la chaux hydratée	1, 2
	Ordre de grandeur des erreurs possibles si la production de la chaux non commercialisée n'est pas estimée	1, 2, 3
1-2%	Incertitude des données de production de la chaux au niveau usine. Les usines n'établissent pas en général la sortie mieux que cela. Hypothèse d'établissement de rapport complet.	2
Cf. tableau 2.3	Correction pour la poussière de four à chaux	2, 3
1-3%	Erreur dans l'hypothèse de 100 % de la source de carbonate provenant de la pierre calcaire (contre autres intermédiaires).	3
1-3%	Incertitude de pesage des matières premières au niveau de l'usine	3
Source : Fondée sur le jugement d'un expert.		

### 2.3.2.1 INCERTITUDES DU FACTEUR D'ÉMISSIONS

Comme souligné ci-dessus pour le ciment, il y a peu d'incertitude associée à la composante du facteur d'émissions dans l'approche de Niveau 3. Dans le Niveau 2 et 1, la proportion stoechiométrique est un nombre exact et donc l'incertitude du facteur d'émissions est l'incertitude de la composition de la chaux, en particulier de la portion de chaux hydraulique (l'incertitude du facteur d'émissions pour la chaux hydraulique est 15% et l'incertitude pour d'autres types de chaux est 2%). Il y a une incertitude associée à l'établissement du contenu de CaO et/ou du contenu de CaO•MgO de la chaux produite.

### 2.3.2.2 INCERTITUDES DES DONNÉES D'ACTIVITÉ

L'incertitude pour les données d'activité est susceptible d'être beaucoup plus élevée que les facteurs d'émissions, fondée sur l'expérience dans la collecte des données sur la chaux (cf Section 2.3.1.4, Exhaustivité, ci-dessus). L'omission de la production de la chaux non commercialisée peut mener à un ordre de grandeur des sous-estimations. La correction pour la chaux hydratée mène essentiellement à un complément d'incertitude.

Comme décrit ci-dessus pour la poussière de four de ciment, il y a une incertitude significative associée à la quantification de la masse de poussière de four à chaux produite et au degré de calcination (et ainsi les émissions) de cette poussière de four à chaux. On peut supposer que l'incertitude associée à l'estimation de la dite poussière est au moins égale et probablement plus importante que l'incertitude associée à la poussière de four de ciment.

Lorsqu'une échelle est donnée pour les incertitudes par défaut dans le tableau 2.5, le milieu de l'échelle doit être utilisé sauf si les estimations supérieures ou inférieures sont plus révélatrices des conditions particulières à un pays.

## **2.3.3 Assurance qualité/Contrôle qualité (AQ/CQ), Etablissement de rapport et documentation**

### **2.3.3.1 ASSURANCE QUALITE/CONTROLE QUALITE (AQ /CQ)**

En plus des directives transversales de l'AQ/CQ, les procédures spécifiques de pertinence de cette catégorie source sont définies ci-dessous.

#### **COMPARAISON DES ESTIMATIONS D'EMISSIONS UTILISANT DES APPROCHES DIFFERENTES**

Des comparaisons peuvent être faites entre les émissions estimées suivant l'approche de niveau 2 fondée sur la production de la chaux et l'approche de niveau 3 fondée sur l'entrée de carbonate. De même, si l'approche montante est utilisée pour estimer les émissions (à savoir rassembler des données spécifiques à une usine), les compilateurs d'inventaire doivent comparer les estimations d'émissions à l'estimation calculée en utilisant les données de production de la chaux spécifiques à une usine (approche descendante). Dans les cas où une approche hybride de niveau 1/2 ou 2/3 est utilisée pendant une période de transition, les *bonnes pratiques* recommandent aussi d'estimer les émissions pour toutes les installations utilisant le niveau inférieur afin de comparer les résultats de l'analyse aux résultats dérivés en utilisant l'approche hybride. Les résultats de ces comparaisons doivent être enregistrés pour la documentation interne, en incluant des explications pour tous les écarts.

#### **VERIFICATION DES DONNEES D'ACTIVITE**

Les compilateurs d'inventaire doivent confirmer les définitions correctes des différents types de chaux produite dans le pays. Les compilateurs d'inventaire doivent aussi considérer soigneusement les industries qui peuvent produire de la chaux non commercialisée pour garantir que ces données ont été incluses dans les données d'activité pour l'inventaire.

### **2.3.3.2 ETABLISSEMENT DE RAPPORT ET DOCUMENTATION**

Les *bonnes pratiques* recommandent de documenter et d'archiver toutes les informations nécessaires pour produire les estimations de l'inventaire d'émissions nationales. Ci-dessous sont les notes générales qui s'appliquent à l'établissement de rapport et de documentation des émissions et des réductions d'émissions provenant de la production de la chaux suivies des informations spécifiques à rapporter pour les niveaux individuels.

- Si un compilateur d'inventaire rapporte la récupération de CO<sub>2</sub> provenant du raffinage de sucre, du carbonate de calcium précipité ou d'adouçissant d'eau dans la catégorie 2H, des informations détaillées doivent être rapportées quant aux méthodes utilisées pour calculer les émissions récupérées. Les émissions et les réductions d'émissions doivent être rapportées séparément ; il serait contraire aux *bonnes pratiques* d'établir un rapport uniquement pour les émissions nettes provenant de la production de la chaux. De plus la documentation doit être fournie pour illustrer que les émissions et les réductions d'émissions de la recarbonatation sont uniquement rapportées pendant l'année dans laquelle la recarbonatation se produit (cf 2.3.1 ci-dessus).
- Peu importe la méthode mise en oeuvre, les compilateurs d'inventaire doivent documenter les procédures entreprises pour garantir que la production de la chaux commercialisée et non commercialisée est rapportée (cf discussion à la Section 2.3.1.4, Exhaustivité).

#### **METHODE DE NIVEAU 1**

L'approche de niveau 1 est méthodologiquement la même que le niveau 2 sauf que les valeurs par défaut peuvent être utilisées à la place des informations spécifiques au pays pour estimer les divers paramètres. La documentation pour le niveau 1, donc, suit le niveau 2 ci-dessous sauf qu'une indication claire doit être faite pour savoir quand les valeurs par défaut sont utilisées.

#### **METHODE DE NIVEAU 2**

La documentation de niveau 2 doit inclure une discussion des types de chaux produits dans le pays (y compris la chaux hydratée) et comment cet établissement a été fait (collection de données de ventes, collection de données de consommation propres à une usine, etc.) Les procédures utilisées pour identifier le contenu CaO et/ou

CaO·MgO de chaux ainsi que les intermédiaires non carbonates pour le four à chaux doivent aussi être rapportées.

### METHODE DE NIVEAU 3

L'établissement de rapport et la documentation pour le niveau 3 pour la production de la chaux sont identiques à la méthode de niveau 3 définie ci-dessus pour la production de ciment, avec une différence minimale. Au lieu de recueillir les informations sur la poussière de four de ciment, les données sur la quantité et la fraction de calcination obtenues de la poussière de four à chaux doivent être recueillies. Toutes les informations sous-jacentes doivent être documentées et rapportées, il n'est pas considéré de *bonnes pratiques* de rapporter juste les estimations d'émissions finales.

## 2.4 PRODUCTION DE VERRE

### 2.4.1 Questions méthodologiques

De nombreuses sortes d'articles et de compositions en verre sont utilisées commercialement, mais l'industrie du verre peut être divisée en quatre grandes catégories : conteneurs, verre plat (fenêtre), fibre de verre et verre spécial.

La grande majorité du verre commercial appartient aux deux premières catégories, et est presque totalement du verre à base de chaux et de soude, formé de silices ( $\text{SiO}_2$ ), soude ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), et chaux ( $\text{CaO}$ ), avec de petites quantités d'aluminiums ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), et autres alcalins et terres alcalines, plus quelques ingrédients mineurs. La fibre de verre isolante – composante majeure de la troisième catégorie – est similaire dans sa composition. Des fabricants individuels auront des compositions qui leur sont propres, mais ce seront des variations mineures de la composition de base.

Cette catégorie source inclut aussi des émissions provenant de la production de laine de verre, une catégorie de laine minérale dans laquelle le procédé de production est similaire à la fabrication du verre. Le terme de laine minérale peut être aussi utilisé en référence à la laine de roche naturelle et à partir des scories. Lorsque la production de laine de roche est émissive, les émissions doivent être rapportées dans la sous-catégorie GIES 2A5. Les émissions liées à la production de scories doivent être rapportées dans la catégorie source métallurgique appropriée. La refonte de scories pour faire de la laine minérale n'implique pas d'émissions significatives liées au procédé et il n'est pas nécessaire de les rapporter.

Les principales matières premières de verre qui émettent du  $\text{CO}_2$  pendant le procédé de fonte sont la pierre calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ), la dolomie  $\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$  et la cendre de soude ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Lorsque ces matières sont extraites en tant que minéraux de carbonate pour être utilisés dans l'industrie du verre, elles représentent la production primaire de  $\text{CO}_2$  et doivent être incluses dans les estimations d'émissions. Lorsque les matériaux de carbonate sont produits par la carbonatation d'hydroxyde, ils ne résultent pas en émissions de  $\text{CO}_2$  nettes et ne doivent pas être inclus dans l'estimation d'émissions. Les matières premières mineures de verre émettant du  $\text{CO}_2$  sont le carbonate de baryte ( $\text{BaCO}_3$ ), la claire de coupelle ( $3\text{CaO}_2\text{P}_2\text{O}_5 + \text{XCaCO}_3$ ), le carbonate de potassium ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) et le carbonate de strontium ( $\text{SrCO}_3$ ). En plus, le charbon anthracite en poudre ou quelque autre matériau organique peut être ajouté au verre en fusion pour créer des conditions de réduction et se combinera à l'oxygène disponible dans le verre fondu pour produire du  $\text{CO}_2$ .

L'action de ces carbonates dans la fusion du verre est une réaction chimique complexe à haute température, et ne doit pas être comparé directement à la calcination des carbonates pour produire de la chaux vive ou de la chaux dolomitique brûlée. Néanmoins cette fusion (aux alentours de  $1500^\circ\text{C}$ ) a le même effet net en termes d'émissions de  $\text{CO}_2$ .

Dans la pratique, les fabricants de verre ne produisent pas de verre uniquement à base de matières premières, mais utilisent une certaine quantité de débris de verre recyclé (calcin). La plupart des opérations vont utiliser autant de calcins que possible, parfois avec des restrictions quant aux exigences de qualité de verre. La proportion de calcin (la fraction de charge du fourneau représentée par le calcin) sera de l'ordre de 0,4 à 0,6 pour les applications de conteneurs qui sont le gros de la production de verre. Les fabricants de fibre de verre isolante seront en général en dessous de ce niveau, mais utiliseront autant de calcin qu'ils peuvent acheter.

Le calcin provient de deux sources : le retour interne du verre brisé dans le procédé ou d'autre rejet ou rétention de verre, et du calcin étranger (c'est à dire, extérieur à l'usine) provenant de programmes de recyclage ou de services de récupération de calcin. Cette seconde source est importante dans les économies développées, mais le sera moins dans les pays en développement dans lesquels la récupération du verre n'est pas courante.

La rétention de CO<sub>2</sub> dissout dans le verre est en fait relativement insignifiante et peut être ignorée pour l'estimation d'émissions de GHG.

### 2.4.1.1 CHOIX DE METHODE

#### METHODE DE NIVEAU 1

La méthode de niveau 1 doit être utilisée (équation 2.10) lorsque les données ne sont pas disponibles pour le verre fabriqué par le procédé ou les carbonates utilisés dans la fabrication du verre. Le niveau 1 applique un facteur d'émissions par défaut et la proportion de calcin aux statistiques de la production de verre au niveau national.

<p><b>ÉQUATION 2.10</b></p> <p><b>NIVEAU 1 : ÉMISSIONS FONDEES SUR LA PRODUCTION DE VERRE</b></p> $Emissions\ CO_2 = M_g \bullet EF \bullet (1 - CR)$
---

À savoir:

Émissions CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> à partir de la production de verre, tonnes

M<sub>g</sub> = masse de verre produite, tonnes

EF = facteurs d'émissions par défaut pour la fabrication du verre, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de verre

CR = proportion de calcin pour le procédé (soit moyenne nationale, soit par défaut), fraction

#### METHODE DE NIVEAU 2

Le Niveau 2 est plus subtil que le Niveau 1. Au lieu de recueillir les statistiques nationales concernant la production totale de verre, les émissions sont estimées à partir des procédés différents de fabrication de verre entrepris dans le pays. Comme discuté plus haut, les différents procédés de fabrication de verre (par exemple, le verre flottant, le verre de conteneur, la fibre de verre, etc.) utilisent généralement différents types et proportions de matières premières. La méthode de Niveau 2 applique des facteurs d'émissions par défaut à chaque procédé de fabrication de verre. L'estimation d'émissions doit cependant être corrigée pour tenir compte du fait qu'une portion de verre recyclé (calcin) peut aussi être fournie au fourneau (Équation 2.11).

<p><b>ÉQUATION 2.11</b></p> <p><b>NIVEAU 2 : ÉMISSIONS FONDEES SUR LE PROCEDE DE FABRICACION DU VERRE</b></p> $Emissions\ CO_2 = \sum_i [M_{g,i} \bullet EF_i \bullet (1 - CR_i)]$
--

À savoir:

Emission CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de verre, tonnes

M<sub>g,i</sub> = masse de verre fondue de type *i* (par exemple, flottant, conteneur, fibre de verre, etc.), tonnes

EF<sub>i</sub> = facteur d'émissions pour la fabrication de verre de type *i*, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de verre fondu

CR<sub>i</sub> = proportion de calcin pour la fabrication de verre de type *i*, fraction

#### METHODE DE NIVEAU 3

La méthodologie de Niveau 3 est fondée sur la comptabilisation de l'entrée de carbonates dans le fourneau de fonte de verre (Équation 2.12).

<p><b>ÉQUATION 2.12</b></p> <p><b>NIVEAU 3 : ÉMISSIONS FONDEES SUR LES ENTRES DE CARBONATE</b></p> $Emissions\ CO_2 = \sum_i (M_i \bullet EF_i \bullet Fi)$
---

À savoir :

Émissions de CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de verre, tonnes

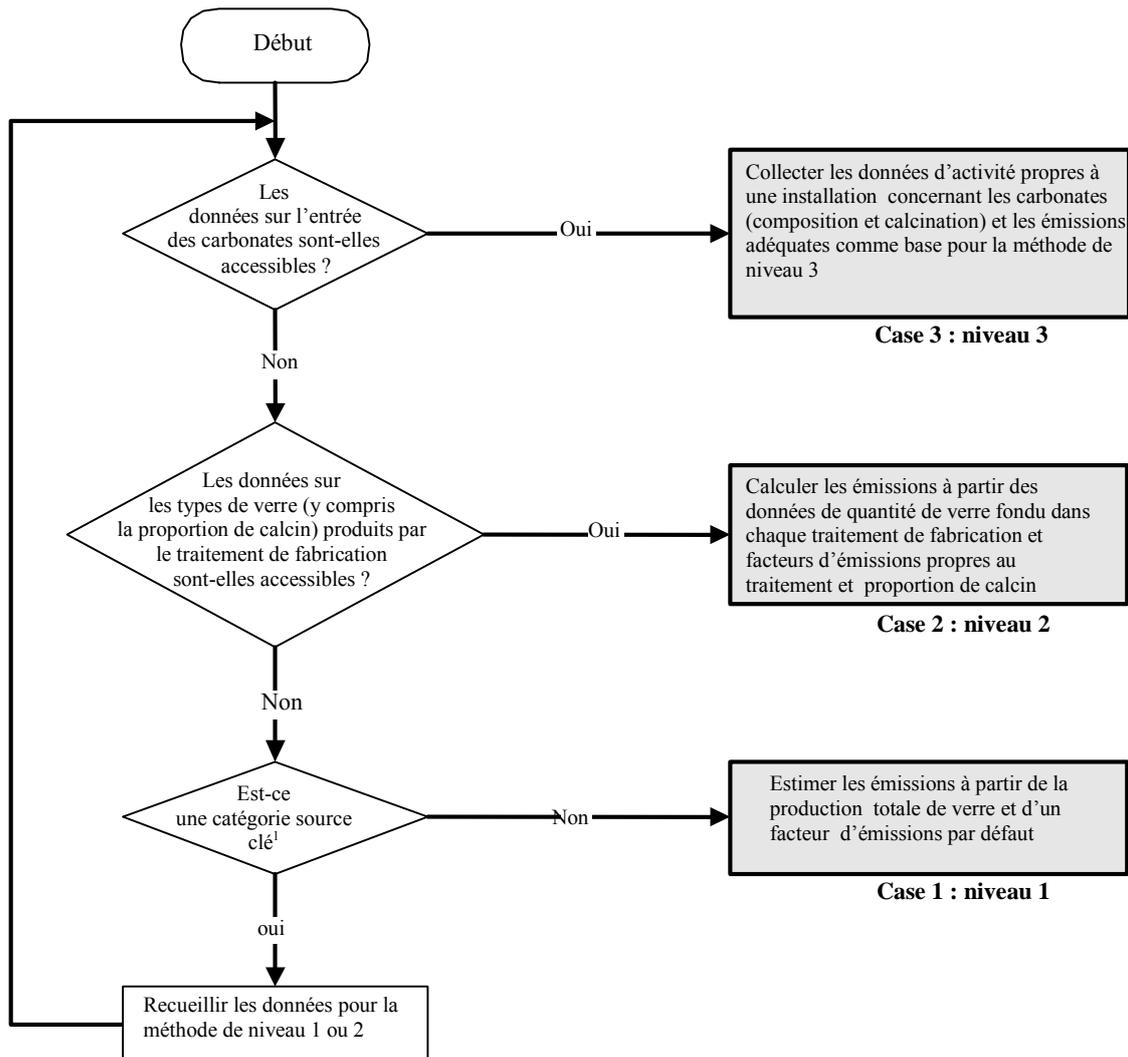
EF<sub>i</sub> = facteur d'émissions pour le carbonate spécifique *i*, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de carbonate (cf tableau 2.1)

M<sub>i</sub> = poids ou masse de carbonate *i* consommé (extrait), tonnes

F<sub>i</sub> = fraction de calcination obtenue du carbonate *i*, fraction

Dans laquelle la fraction de calcination obtenue du carbonate spécifique est inconnue, l'hypothèse est que la fraction de calcination est égale à 1,00.

**Figure 2.3** Arbre décisionnel pour l'estimation d'émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la production de verre



Note :

1. cf. volume 1 chapitre 4 : choix méthodologique et identification des catégories clés (section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour une discussion de catégories de source clé et utilisation des diagrammes décisionnels.

### 2.4.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSIONS

#### METHODE DE NIVEAU 1

Le Niveau 1 applique un facteur d'émissions par défaut en s'appuyant sur un mélange de matières premières classiques, aux données nationales de production de verre. Un lot de chaux soude classique peut comprendre du sable (56,2 poids%), feldspath (5,3%), calcaire magnésien (9,8%), pierre calcaire (8,6%) et de la cendre de soude (20,0%). En s'appuyant sur cette composition, une tonne métrique de matières premières rend

approximativement 0,84 tonnes de verre, perdant environ 16,7% de son poids comme volatiles, dans ce cas virtuellement entièrement CO<sub>2</sub>.

<p><b>ÉQUATION 2.13</b></p> <p><b>FACTEUR D'ÉMISSIONS PAR DÉFAUT DE NIVEAU 1 POUR LA PRODUCTION DE VERRE</b></p> <p><math>EF=0.167/0.84=0.20</math>tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de verre</p>
--

## METHODE DE NIVEAU 2

La méthode de Niveau 2 s'appuie sur les facteurs d'émissions par défaut et les proportions de calcin dans les divers types de verre produits dans le pays (tableau 2.6). Lorsque les données propres au pays, voire à une usine sont accessibles, les pays sont encouragés à utiliser ces données pour compléter ou remplacer les défauts donnés ci-dessous. Les proportions de calcin, en particulier, peuvent varier de manière significative, à la fois dans un pays et dans tous les pays.

Il est de *bonnes pratiques* d'utiliser les valeurs moyennes des échelles données sauf si d'autres valeurs dans l'échelle sont connues pour être plus représentatives des conditions propres au pays.

<b>TABLEAU 2.6</b>		
<b>FACTEURS D'ÉMISSIONS ET PROPORTIONS DE CALCINS POUR DIFFÉRENTS TYPES DE VERRE</b>		
<b>Type de verre</b>	<b>Facteur d'émissions de CO<sub>2</sub> (kg de CO<sub>2</sub>/kg de verre)</b>	<b>Proportion de calcin (Echelle classique)</b>
Flotteur	0,21	10 % - 25 %
Conteneur (Silex)	0,21	30 % - 60 %
Conteneur (Ambre/Vert)	0,21	30 % - 80 %
Fibre de verre (Verre - E)	0,19	0 % - 15 %
Fibre de verre (Isolation)	0,25	10 % - 50 %
Spécialité (Panneau de TV)	0,18	20 % - 75 %
Spécialité (Tube de TV)	0,13	20 % - 70 %
Spécialité (vaisselle)	0,10	20 % - 60 %
Spécialité (Labo/Pharma)	0,03	30 % - 75 %
Spécialité (Eclairage)	0,20	40 % - 70 %
Source: Communication avec Victor Aume (2004)		

## METHODE DE NIVEAU 3

Les facteurs d'émissions de niveau 3 s'appuient sur les carbonates réels consommés dans le fourneau de fonte (pour les proportions stoechiométriques adéquates, cf. tableau 2.1). L'approche de niveau 3 requiert la comptabilisation totale de carbonates (espèces et sources).

### 2.4.1.3 CHOIX DE DONNEES D'ACTIVITE

#### METHODE DE NIVEAU 1

Les données d'activité pour la méthode de niveau 1, comprennent les statistiques nationales de production de verre par poids ainsi qu'une correction pour la quantité de calcin utilisée dans la production de verre. Le niveau 1 suppose une proportion de calcin par défaut de 50%, c'est pourquoi les données nationales de masse de verre produite peuvent être multipliées par  $0,20 \cdot (1 - 0,50) = 0,10$  tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de verre afin d'estimer les émissions nationales. Si des informations propres au pays sont accessibles pour la proportion de calcin annuelle moyenne, les pays sont encouragés à modifier le facteur d'émissions conformément [c'est-à-dire  $FE = 0,20 \cdot (1 - \text{proportion de calcin propre au pays})$ ].

## METHODE DE NIVEAU 2

La méthode de niveau 2 requiert, au minimum, la collecte de données au niveau national de quantité de verre fondue par le procédé de fabrication. Les données pour le verre sont souvent données dans différentes unités (par ex., tonnes de verre, nombre de bouteilles, mètres carrés de verre, etc.) et elles doivent être converties en tonnes. Lorsque c'est possible, les données doivent être recueillies sur la base d'une usine et agrégées au niveau national. Bien que la méthode de niveau 2 fournisse des facteurs par défaut pour la proportion de calcin, si les données propres au pays ou à une usine sont accessibles, les pays sont encouragés à recueillir ces données.

## METHODE DE NIVEAU 3

Pour la méthode de niveau 3, les données d'activité au niveau d'une usine doivent être recueillies pour les divers types de carbonates consommés pour la production de verre.

### 2.4.1.4 EXHAUSTIVITE

Les compilateurs d'inventaire doivent considérer un nombre de questions concernant l'exhaustivité lors des compilations des estimations d'émissions pour la production de verre. Tout d'abord, le verre est produit à partir d'une variété de carbonates matières premières. Lorsque les émissions sont estimées à partir d'entrées de carbonate (niveau 3), il est important de garantir que toutes les espèces et sources de carbonates sont incluses dans les estimations d'émissions.

La cendre de soude est une entrée significative dans la fabrication de verre dans de nombreux pays. Les compilateurs d'inventaire sont encouragés à garantir qu'il n'y a pas de double comptage d'émissions à partir de la cendre de soude utilisée dans la fabrication de verre (qui doivent être rapportées dans la sous-catégorie 2A3, Production de verre) et les émissions provenant d'«Autres utilisations de cendre de soude», qui doivent être rapportées séparément ci-dessous. Il est important de considérer cependant qu'il peut y avoir un certain nombre d'installations (par ex., verre d'art et verre spécial) qui ne sont pas comptabilisés dans les statistiques nationales. Des efforts doivent être faits pour garantir la couverture totale de l'industrie.

### 2.4.1.5 DEVELOPPEMENT D'UNE SEQUENCE TEMPORELLE COHERENTE

Le verre peut être une source difficile pour laquelle acquérir des données d'activité parce que, comme noté ci-dessus, la production de verre se mesure dans une diversité d'unités. Afin de développer une séquence temporelle cohérente il est important que les mêmes sources de données soient utilisées pour tous les ans de l'inventaire. Pour plus d'informations pour garantir la cohérence de la séquence temporelle, cf. volume 1, chapitre 5.

## 2.4.2 Evaluation d'incertitude

### 2.4.2.1 INCERTITUDES DU FACTEUR D'EMISSIONS

Tout comme pour le ciment et la chaux, lorsque les émissions provenant de la production de verre sont estimées à partir de l'entrée de carbonate (Niveau 3), l'incertitude du facteur d'émissions (1 – 3%) est relativement faible parce que le facteur d'émissions est fondé sur une proportion stoechiométrique. Il peut y avoir une certaine incertitude associée à l'hypothèse qu'il y a 100% de calcination de l'entrée de carbonate (1%).

Parce que les émissions sont estimées à partir de la quantité de verre fondu dans chaque procédé de fabrication et des facteurs d'émissions par défaut, l'incertitude de Niveau 2 est plus élevée que le Niveau 3. Les facteurs d'émissions peuvent avoir une incertitude de +/- 10%. Comme illustré au tableau 2.6, l'échelle classique pour la proportion de calcin varie selon les différents types de verre. Pour les besoins d'analyse d'incertitude, on peut supposer que « l'échelle classique » traduit l'intervalle de confiance de 95%.

L'incertitude associée à l'utilisation du facteur d'émissions de Niveau 1 et la proportion de calcin est significativement plus élevée, et peut être de l'ordre de +/- 60%.

### 2.4.2.2 INCERTITUDES DE DONNEES SUR LES ACTIVITES

Tout comme pour la production de ciment et de chaux, l'incertitude associée au pesage ou à la répartition des matières premières dans l'approche de niveau 3 est environ 1-3%. Alors qu'il est possible que certaines matières

premières comprenant du carbonate soient apportées dans l'installation, mais perdues comme poussière (c.à.d. jamais calcinées), ce montant est supposé négligeable.

Les données de production de verre sont en général mesurées assez exactement (+/-5%) pour les niveaux 1 et 2. Comme mentionné ci-dessus, les compilateurs d'inventaire doivent être prudents lorsque les données d'activité ne sont pas disponibles à l'origine en masse, mais plutôt en unité (par ex., bouteille) ou surface (par ex., m<sup>2</sup>). Si les données sur les activités doivent être converties en masse, ceci peut entraîner une incertitude supplémentaire.

## **2.4.3 Assurance qualité/Contrôle Qualité (AQ/CQ), Établissement de rapport et documentation**

### **2.4.3.1 ASSURANCE QUALITE/CONTROLE QUALITE (AQ/CQ)**

Si les émissions sont estimées en utilisant l'approche de niveau 3, elles doivent être comparées aux résultats en utilisant l'approche de niveau 2 pour voir si les résultats sont d'un ordre de grandeur similaire. De même, si les émissions étaient estimées à partir de données descendantes en utilisant la méthode de niveau 2, ces résultats doivent être comparés à une approche de niveau 3 plus rigoureuse dans un petit nombre d'installations pour voir si les défauts de niveau 2 utilisés révèlent les conditions nationales. La méthode de niveau 2 s'appuie sur les émissions estimées en s'appuyant sur les divers types de verre produits. Ces estimations doivent être comparées aux résultats d'un audit des divers fournisseurs de matières premières pour l'industrie du verre. Par exemple, les estimations nationales doivent être comparées aux estimations du montant de pierre calcaire, de cendre de soude et d'autres carbonates vendus à l'industrie du verre. Ces données commerciales doivent être obtenues des fournisseurs individuels, ou des associations professionnelles.

L'une des plus grandes sources d'incertitude dans l'estimation des émissions (niveau 1 et niveau 2) pour la production de verre est la proportion de calcin. Le montant de verre recyclé utilisé peut varier selon les installations dans un pays et dans la même installation sur diverses périodes. La proportion de calcin peut être un bon candidat pour une enquête en profondeur.

### **2.4.3.2 ÉTABLISSEMENT DE RAPPORT ET DOCUMENTATION**

#### **NIVEAU 1**

Pour le niveau 1, les données doivent être documentées et rapportées pour indiquer la quantité totale de verre produite et le facteur d'émissions appliqué pour estimer les émissions (y compris si une proportion de calcin par défaut ou propre au pays est utilisée). Le procédé pour recueillir les données d'activité doit être documenté (à savoir, les estimations au niveau de l'usine ou national) comme devrait l'être tout calcul fait pour convertir la production de verre en unité commune (par ex., kg).

#### **NIVEAU 2**

La documentation de niveau 2 doit inclure la quantité de verre fondu dans chaque procédé de fabrication défini au tableau 2.6, y compris tout calcul nécessaire pour convertir différents types de verre dans les mêmes unités (par ex. convertir les bouteilles en kilogrammes). Les facteurs d'émissions par type de verre et proportion de calcin doivent être rapportés en indiquant si les défauts sont utilisés et si les données ont été recueillies au niveau de l'usine ou au niveau national. Il est aussi utile de rapporter si le calcin a été généré à l'intérieur de l'installation ou s'il s'agit de calcin post consommateur (à savoir calcin acheté). Ces informations peuvent être importantes pour identifier ou vérifier, des activités de mélange qui sont fondées sur le recyclage.

#### **NIVEAU 3**

L'inventaire doit inclure les résumés des méthodes utilisées et les références aux données sources de sorte que les estimations d'émissions soient transparentes et que les étapes de leur calcul puissent être reproduites. Lorsque la méthode de niveau 3 est mise en œuvre, les compilateurs d'inventaire doivent documenter les espèces de carbonates consommées et indiquer comment ils garantissent que toutes les entrées de carbonates sont comptabilisées. (cf discussion pour le Niveau 3 à la Section 2.2.3.2).

## 2.5 AUTRES UTILISATIONS DE PROCÉDES DES CARBONATES

### 2.5.1 Questions méthodologiques

La pierre calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ), la dolomie ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) et autres carbonates (ex.  $\text{MgCO}_3$  et  $\text{FeCO}_3$ ) sont des matières premières de base ayant des applications commerciales dans un certain nombre d'industries. En plus de ces industries déjà discutées individuellement (production de ciment, production de la chaux et production de verre), les carbonates sont aussi consommés dans la métallurgie (ex., sidérurgie et métallurgie), l'agriculture, la construction et le contrôle de pollution de l'environnement (ex., gaz de fumée, désoufrage). Comme noté dans l'introduction de ce chapitre, la calcination des carbonates à haute température rejette du  $\text{CO}_2$  (tableau 2.1). Il doit être noté que certaines utilisations de carbonates, par exemple, l'utilisation de pierre calcaire en tant qu'agrégat, n'entraînent pas de rejet de  $\text{CO}_2$  et c'est pourquoi il n'est pas nécessaire de les inclure dans l'inventaire national GHG (cf. tableau 2.7).

La discussion suivante fournit les méthodologies générales pour estimer les émissions de  $\text{CO}_2$  à partir de l'utilisation des carbonates a sein de l'industrie minérale. Ces méthodologies cependant sont aussi applicables lorsque les carbonates sont utilisés comme gaz ou agents scorifiant dans d'autres catégories sources. Les compilateurs d'inventaire ont reçu des suggestions d'utiliser en particulier quatre grandes catégories sources : (1) céramique, (2) autres utilisations de cendre de soude, (3) production de magnésiums non métallurgiques et (4) autres utilisations de carbonates.

Il est de *bonnes pratiques* de rapporter les émissions à partir de la consommation de carbonates dans la catégorie source dans laquelle les carbonates sont consommés et le  $\text{CO}_2$  émis. Ainsi, lorsque la pierre calcaire est utilisée pour enduire les sols, les émissions doivent être rapportées dans la catégorie source respective des secteurs Agriculture, Sylviculture et Autre utilisation terrain (AFAAT). Lorsque les carbonates sont utilisés comme gaz ou agents scorifiant (ex. dans la sidérurgie et la métallurgie, les produits chimiques ou pour le contrôle de pollution de l'environnement, etc.), les émissions doivent être rapportées dans les catégories sources respectives dans lesquelles le carbonate est consommé. Comme discuté à la section 2.3.1.1 ci-dessus, toute la production de la chaux commercialisé ou non doit être rapportée dans Production de la chaux. Les catégories sources spécifiques discutées ci-dessus (céramique, autre utilisation de cendre de soude et production de magnésiums non métallurgiques) doivent être rapportées dans la catégorie de minéraux. La catégorie source « Autre » doit contenir les estimations d'émissions qui n'entrent dans aucune autre catégorie majeure présentée au tableau 2.7 ci-dessous.

#### CERAMIQUE

La céramique comprend la production de briques et de tuiles de toit, de pipes en terre vitrifiées, de produits réfractaires, de produits en argile expansé, de carrelages de murs et sols, d'objets de la table et de décoration (céramique domestique), produits sanitaires, céramique technique et abrasifs non organiques en liaison. Les émissions liées au procédé à partir de céramique proviennent de la calcination de carbonates dans l'argile ainsi que l'addition d'abrasifs. Comme pour les procédés de production de ciment et de chaux, les carbonates sont chauffés à températures élevées dans un four, produisant des oxydes et du  $\text{CO}_2$ . La plupart des produits céramiques sont faits à partir d'un ou divers types d'argile (ex., schistes, argile réfractaire et argile figuline). Les matières premières sont recueillies et finement broyées en opérations de broyage successives. Les particules broyées sont ensuite incendiées dans un four pour produire une poudre (qui peut être liquéfiée). Des additifs sont ensuite ajoutés et la céramique est formée ou moulée et « machinée » pour aplanir des bords rugueux et obtenir les caractéristiques désirées de la céramique. Dans le cas de céramique traditionnelle, les céramiques sont ensuite séchées et vitrifiées avant de les incendier dans le four. Après brûlage, certaines céramiques peuvent subir un traitement supplémentaire pour obtenir la qualité finale souhaitée.

Les émissions de  $\text{CO}_2$  proviennent de la calcination de la matière première (en particulier l'argile, le schiste, la pierre calcaire, la dolomie et le witherite) et de l'utilisation de la pierre calcaire comme gaz.

#### AUTRES UTILISATIONS DE CENDRE DE SOUDE

La cendre de soude est utilisée dans une variété d'applications, y compris la production de verre, les savons et détergents, le désoufrage par gaz de fumée, les produits chimiques, la pâte à papier et le papier, et d'autres produits courant de consommation. La production et la consommation de cendre de soude (y compris le carbonate de sodium,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) entraînent le rejet de  $\text{CO}_2$ . Les émissions provenant de la production de cendre de soude sont rapportées dans l'Industrie chimique alors que les émissions provenant de l'utilisation sont rapportées dans les secteurs respectifs d'utilisation finale lorsque la cendre de soude est utilisée. Les émissions provenant de la cendre de soude utilisée dans la production du verre sont déjà comptabilisées ci-dessus. De même, lorsque la

endre de soude est utilisée dans d'autres catégories sources comme les produits chimiques, les émissions doivent être rapportées dans cette catégorie source.

## PRODUCTION D'OXYDE DE MAGNESIUM NON METALLURGIQUE

Cette catégorie source doit inclure des émissions provenant de la production de magnésiums (MgO) non incluses ailleurs. Par exemple, lorsque l'oxyde de magnésium est produit pour être utilisé comme fertilisant, les *bonnes pratiques* rapportent es émissions dans la Section appropriée du chapitre 3, Émissions de l'industrie chimique.

Le magnésite (MgCO<sub>3</sub>) est une des entrées clés dans la production d'oxyde de magnésium, et finalement d'oxyde de magnésium fondu. Il y a trois catégories majeures de produits d'oxyde de magnésium : l'oxyde de magnésium calciné, l'oxyde de magnésium complètement brûlé (périclase) et de l'oxyde de magnésium fondu. L'oxyde de magnésium calciné est utilisé dans de nombreuses applications agricoles et industrielles (ex. supplément alimentaire pour bétail, fertilisants, isolations électriques et désoufrage par gaz de fumée). L'oxyde de magnésium entièrement brûlé est utilisé essentiellement pour des applications réfractaires alors que l'oxyde de magnésium fondu est utilisé sur les marchés réfractaires et d'isolation électrique.

L'oxyde de magnésium est produit par calcination de MgCO<sub>3</sub> qui entraîne le rejet de CO<sub>2</sub> (tableau 2.1). De manière classique, 96-98% du CO<sub>2</sub> contenu est rejeté dans la production d'oxyde de magnésium calciné avec environ 100% de CO<sub>2</sub> rejet pendant un chauffage supplémentaire pour produire de l'oxyde de magnésium entièrement brûlé. La production d'oxyde de magnésium fondu entraîne aussi environ 100% de rejet de CO<sub>2</sub>.

### AUTRE

Les émissions peuvent provenir d'un certain nombre d'autres catégories sources qui ne sont pas incluses ci-dessus. Lorsque des émissions sont attribuées à cette catégorie source, les compilateurs d'inventaire doivent être prudents et ne pas comptabiliser deux fois des émissions déjà enregistrées dans d'autres catégories sources.

### 2.5.1.1 CHOIX DE METHODE

Il y a deux méthodologies primaires provenant de l'utilisation de carbonate(s) pour ces catégories sources. La méthode de niveau 1 suppose que seule la pierre calcaire et la dolomie sont utilisées comme entrée de carbonate dans l'industrie, et permet l'utilisation d'une fraction de pierre calcaire par défaut par opposition au calcaire magnésien consommé. Le niveau 2 est le même que le niveau 1 sauf que les informations propres à un pays sur la fraction de pierre calcaire par opposition au calcaire magnésien consommé doivent être déterminées. La méthode de niveau 3 s'appuie sur une analyse des toutes les utilisations de carbonates produisant des émissions.

Il est possible que le niveau 3 puisse être utilisé pour certaines sous-catégories, et une méthode de niveaux 1 et 2 pour d'autres catégories avec un accès limité aux données. Cette approche hybride est cohérente avec les *bonnes pratiques*. Le choix de la méthode dépend des conditions nationales.

### METHODE DE NIVEAU 1

La méthode de niveau 1 s'appuie sur l'équation 2.14.

<p><b>ÉQUATION 2.14</b></p> <p><b>NIVEAU 1 : ÉMISSIONS FONDEES SUR LA MASSE DE CARBONATES CONSOMMES</b></p> $Emissions\ CO_2 = M_c \cdot (0.85\ EF_{ls} + 0.15\ FE_d)$
--

À savoir :

Émissions CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> provenant d'autres utilisations procédé de carbonates, tonnes

M<sub>c</sub> = masse de carbonate consommés, tonnes

FE<sub>ls</sub> ou FE<sub>d</sub> = facteur d'émissions pour la calcination de pierre calcaire ou calcaire magnésien, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de carbonate (cf tableau 2.1)

Il est suggéré que les compilateurs d'inventaire garantissent que les données concernant les carbonates reflètent les carbonates purs et non la roche de carbonate. Si les données ne sont pas disponibles sur la roche de carbonate, une pureté par défaut de 95% peut être supposée. Pour les argiles, un contenu de carbonate par défaut de 10% peut être assumé, s'il n'y a aucune autre information disponible.

La cendre de soude est essentiellement du carbonate de soude, pas de la pierre calcaire ou du calcaire magnésien. C'est pourquoi la méthode de niveau 1 pour la cendre de soude ne requiert pas la fraction par défaut de 85 %/15

% Les émissions sont estimées en multipliant la quantité de cendre de soude consommée au niveau national par le facteur d'émissions par défaut pour le carbonate de soude (cf tableau 2.1).

## METHODE DE NIVEAU 2

Dans le cadre du Niveau 2, le montant de CO<sub>2</sub> émis provenant de l'utilisation de la pierre calcaire et du calcaire magnésien est estimé à partir de la consommation et de la stœchiométrie des procédés chimiques. Le Niveau 2 utilise une Équation similaire au Niveau 1, mais le Niveau 2 requiert des données nationales sur la quantité de pierre calcaire et de calcaire magnésien consommée dans le pays (Équation 2.15). Il est de *bonnes pratiques* d'utiliser un défaut pour l'attribution entre ces deux carbonates primaires.

### ÉQUATION 2.15

#### NIVEAU 2 : METHODE POUR UTILISATIONS D'AUTRES PROCEDES DE CARBONATES

$$Emissions\ CO_2 = (M_{ls} \bullet EF_{ls}) + (M_d \bullet FE_d)$$

À savoir :

Émissions de CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> provenant d'utilisations d'autres procédés de carbonates, tonnes

M<sub>ls</sub> ou M<sub>d</sub> = masse de pierre calcaire ou calcaire magnésien respectivement (consommation), tonnes. (Voir Équation 2.14 ci-dessus concernant la pureté.)

FE<sub>ls</sub> ou FE<sub>d</sub> = facteur d'émissions pour la calcination de pierre calcaire ou calcaire magnésien respectivement, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de carbonate (cf tableau 2.1)

## METHODE DE NIVEAU 3

La méthodologie de Niveau 3 est similaire à l'approche définie pour le ciment ci-dessus, mais inutile de corriger pour la poussière ou autres entrées de matière première (équation 2.16). Comme noté ci-dessus, si cette approche est utilisée, il est important que toutes les entrées de carbonate soient considérées dans l'analyse.

### ÉQUATION 2.16

#### NIVEAU 3 : APPROCHE DE L'ENTREE DE CARBONATE POUR LES UTILISATIONS D'AUTRES PROCEDES DE CARBONATES

$$Emissions\ CO_2 = \sum_i (M_i \bullet FE_i \bullet F_i)$$

À savoir:

Émissions de CO<sub>2</sub> = émissions de CO<sub>2</sub> provenant d'utilisations d'autres procédés de carbonates, tonnes

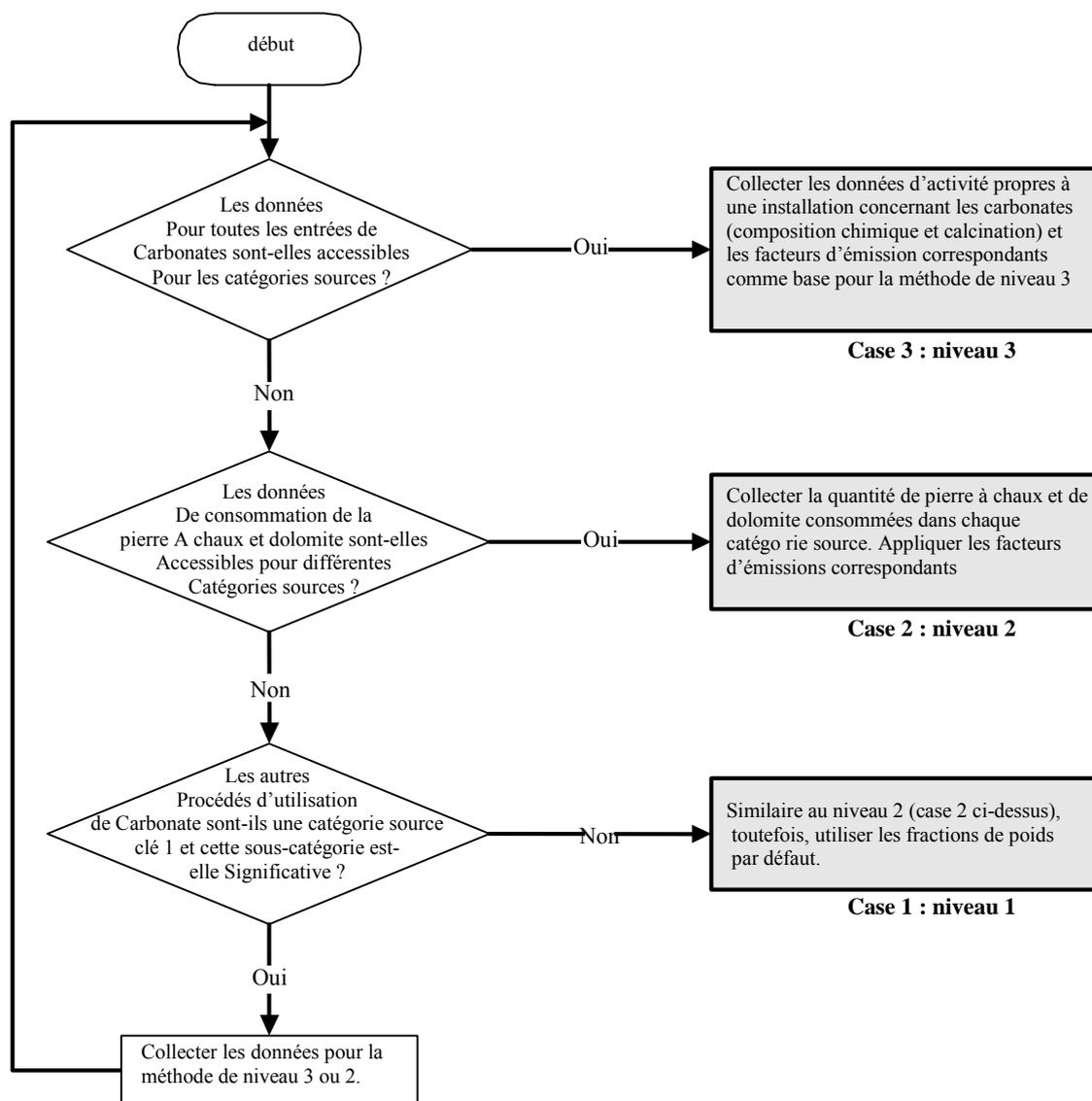
M<sub>i</sub> = masse de carbonate *i* consommée, tonnes (Voir Équation 2.14 ci-dessus concernant la pureté.)

FE<sub>i</sub> = facteur d'émissions pour le carbonate *i*, tonnes de CO<sub>2</sub>/tonne de carbonate (cf tableau 2.1)

F<sub>i</sub> = fraction de calcination obtenue pour le carbonate *i* spécifique, fraction. Lorsque la fraction de calcination obtenue pour le carbonate spécifique n'est pas connue, l'hypothèse est que la fraction de calcination est égale à 1,00.

*i* = une des utilisations de carbonate

**Figure 2.4** Arbre décisionnel pour l'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> provenant des utilisations d'autres procédés de carbonates



Note :

1. cf. volume 1 chapitre 4 : choix méthodologique et identification des catégories clés (section 4.1.2 sur les ressources limitées) pour une discussion de catégories de source clé et utilisation des diagrammes décisionnels.

### 2.5.1.2 CHOIX DES FACTEURS D'EMISSIONS

#### NIVEAU 1 ET NIVEAU 2

Le facteur d'émissions pour les méthodologies de niveau 1 et de niveau 2 est fondé sur la masse de CO<sub>2</sub> rejeté par masse de carbonate consommé (cf tableau 2.1). La distinction entre le niveau 1 et le niveau 2 réside dans les données d'activité.

#### NIVEAU 3

Le facteur d'émissions de niveau 3 représente la moyenne pondérée du facteur d'émissions des carbonates individuels (cf tableau 2.1). L'approche de niveau 3 requiert la comptabilisation totale de carbonates (espèces et sources).

### 2.5.1.3 CHOIX DE DONNEES D'ACTIVITE

#### NIVEAU 1

Dans la méthode de niveau 1, le compilateur d'inventaire doit rassembler les données sur les activités pour la consommation totale de carbonate pour les utilisations émissives (cf tableau 2.7 pour les utilisations de carbonates qui sont émissives.) En l'absence de meilleures données, il est cohérent avec les *bonnes pratiques* pour les compilateurs d'inventaire de supposer que 85% des carbonates consommés sont de la pierre calcaire et 15% des carbonates consommés sont du calcaire magnésien. Pour l'utilisation de la cendre de soude, le compilateur d'inventaire doit rassembler les données sur le plan national et au niveau des usines sur la quantité totale de cendre de soude utilisée. Pour les argiles utilisés dans l'industrie de la céramique, le compilateur d'inventaire doit recueillir les données de production nationale pour les briques et les tuiles de toit, les tubes d'argiles vitrifiés et les produits réfractaires et calculer le montant d'argile consommé en multipliant la production par un facteur de perte par défaut de 1,1.

#### NIVEAU 2

Il est considéré comme de *bonnes pratiques* de recueillir des données d'activité pour illustrer la quantité totale de carbonates consommée dans chaque secteur d'utilisation finale. Lorsque les données spécifiques ne sont pas disponibles pour identifier les différents carbonates consommés dans ces secteurs d'utilisation finale, il est de *bonnes pratiques* de recueillir les données sur les activités au niveau national pour la pierre calcaire et la dolomite consommées. Comme pour la méthode de Niveau 1, lorsque la fraction de calcination obtenue est inconnue, il est cohérent avec les *bonnes pratiques* pour le compilateur d'inventaire de supposer que 100% de la calcination est obtenue. Les compilateurs d'inventaire doivent être prudents et ne pas supposer que toute la pierre calcaire et les dolomies consommées dans le pays résultent en rejet d'émissions de CO<sub>2</sub>. Par exemple, la pierre calcaire et la dolomie sont souvent utilisés comme agrégats dans un nombre de procédés et cette utilisation de pierre broyée ne résulte pas en émissions (tableau 2.7).

#### NIVEAU 3

La méthode la plus exacte est de recueillir des données d'activité sur la consommation de carbonate par utilisation finale. Les *bonnes pratiques* consistent à recueillir les données propres à une usine du/des carbonate(s) consommé(s) pour cette catégorie source et la fraction de calcination du carbonate obtenue. La consommation de carbonate est supposée égale à la matière première extraite (ou ramassée), plus la matière première importée moins la matière exportée. Lorsque la fraction de calcination obtenue est inconnue, il est cohérent avec les *bonnes pratiques* pour le compilateur d'inventaire de supposer que 100% de la calcination est obtenue. Pour l'utilisation de l'argile dans l'industrie de la céramique, le compilateur d'inventaire doit rassembler les données de consommation d'argile pour tous les produits de céramique adéquats.

### 2.5.1.4 EXHAUSTIVITE

La exhaustivité est un défi particulier en ce qui concerne les industries qui consomment du carbonate (calcination) parce que le potentiel existe pour la sous-estimation et la surestimation. Comme il a été noté tout au long du chapitre, lorsqu'une méthode s'appuie sur une entrée de carbonate, le potentiel pour surestimer la quantité totale de carbonates consommée est possible. Ainsi la méthode de Niveau 3 pour d'autres utilisations de procédés de carbonates doit être appliquée uniquement au niveau de l'usine.

Le potentiel existe aussi pour le double comptage. Les compilateurs d'industrie doivent soigneusement considérer comment les statistiques nationales sur les utilisations de pierre calcaire, de calcaire magnésien et d'autres carbonates ont été développées. Par exemple, une source de données pour l'industrie sidérurgique et métallurgique peut contenir la quantité totale de pierre calcaire consommée comme gaz, en particulier combien de ces émissions faisaient partie des gaz de haut fourneau ou autre gaz de combustible qui étaient inclus dans les émissions de combustion de combustible provenant du secteur adéquat. À un niveau national, les statistiques sur la pierre calcaire doivent être soigneusement examinées pour déterminer si les données contiennent aussi la consommation de pierre calcaire dans l'industrie sidérurgique et métallurgique.

Souvent les statistiques nationales sur les utilisations de pierre calcaire, calcaire magnésien ou autres carbonates contiennent des catégories comme les « utilisations autres non spécifiées ». Les compilateurs d'inventaire doivent être prudents et s'assurer que cette consommation n'est pas déjà comptabilisée dans d'autres sources.

Les Lignes directrices identifient séparément les deux catégories (Autres utilisations de cendre de soude et de production d'oxyde de magnésium non métallurgique) qui sont des produits intermédiaires utilisés dans une variété d'autres catégories sources. La cendre de soude, en particulier, est utilisée dans une variété d'industries comme la production de verre, les soupes et détergents. Il est suggéré que les compilateurs d'inventaire révisent

soigneusement les statistiques pour ces catégories sources afin de garantir qu'il n'y a pas eu de double comptage. Par exemple, lorsque la cendre de soude est utilisée dans la production de verre, les émissions doivent être rapportées dans cette catégorie. Lorsque la cendre de soude est utilisée dans une autre industrie, les émissions doivent être rapportées dans cette industrie. Lorsque la cendre de soude est utilisée dans une autre industrie minérale ou lorsqu'il n'y a pas assez d'informations pour déterminer si elle a été consommée, les émissions doivent être rapportées dans la catégorie 2A4b, Autres utilisations de cendre de soude.

Le tableau 2.7 souligne certaines questions que les compilateurs d'inventaire peuvent se poser pour aider à assurer que ces émissions sont attribuées de manière appropriée et pas surestimées ou sous-estimées.

<b>TABLEAU 2.7</b>		
<b>UTILISATIONS EMISSIVES ET NON EMISSIVES DE CARBONATES</b>		
<b>Où les carbonates sont-ils consommés ?</b>	<b>La source est-elle émissive ?</b>	<b>Si oui, où les émissions doivent-elles être rapportées ?</b>
<b>Agricole :</b>		
Pierre calcaire agricole	Oui*	ASAUT : 3C2 Chauler
Sable pour volaille et aliments minéraux	Non	
Autres utilisations agricoles	Non	
<b>Chimique et métallurgique :</b>		
Fabrication de ciment	Oui	PIUP : 2A1 Production de ciment
Fabrication de chaux	Oui	PIUP : 2A2 Production de la chaux
Brûlage mort de dolomite	Oui	PIUP : 2A2 Production de la chaux, lorsque brûlée morte ; hors de l'industrie de chaux dans Autres (2A4d).
Pierre flux	Oui	PIUP : 2C Industrie du métal, Industrie où elle est consommée ; sauf si comptabilisée dans Energie (pour gaz secondaires combustibles vendus hors site)
Pierre chimique	Oui**	Catégorie source où consommée
Fabrication de verre	Oui	PIUP : 2A3 Production de verre
Suppression de l'oxyde sulfurique	Oui*	Catégorie source où consommée
Fertilisants	Oui**	PIUP : 2B Industrie chimique
<b>Céramiques et laine minérale :</b>		
Céramiques	Oui	PIUP : Industrie minérale : 2A4a Céramique
Laines minérales	Oui	PIUP : Industrie minérale : 2A3 Production de verre ou 2A4d Autres, selon le procédé de production.
<b>Spécial :</b>		
Dépoussiérage de mine ou traitement de l'eau acide	Oui*	Catégorie source où consommée
Emplisseurs ou allongeurs d'asphalte	Non	
Blanc d'Espagne ou substitut de blanc d'Espagne	Non	
Autres emplisseurs ou allongeurs	Non	
<b>Construction:</b>		
Utilisation en tant qu'agrégat fin ou grossier	Non	

**TABLEAU 2.7 (SUITE)**  
**UTILISATIONS EMISSIVES ET NON EMISSIVES DE CARBONATES**

<b>Production</b>	<b>La source est-elle émissive ?</b>	<b>Si oui, où les émissions doivent-elles être rapportées ?</b>
<i>Autres utilisations diverses :</i>		
Pierre réfractaire	Non	
Neutralisation de l'acide	Oui*	Catégorie source où consommée
Produits chimiques	Non	
Fabrication de papier	Non	
Abrasifs	Non	
Raffinage de sucre	Oui	PIUP : Les émissions provenant des broyeurs de sucre doivent être rapportées dans 2A2 Production de la chaux ; toutes les autres émissions dans 2A4 Autres utilisations de procédés de carbonates. Les déplacements doivent être rapportés dans 2H2 Industrie alimentaire.
<i>Autres</i>	Oui*, Non	Si oui, PIUP : 2A4 Utilisations d'autres procédés de carbonates
* Les émissions sont obtenues par réaction d'acidification.		
** Les émissions peuvent provenir par calcination et/ou acidification.		

### 2.5.1.5 DEVELOPPEMENT D'UNE SEQUENCE TEMPORELLE COHERENTE

Fondamentalement, les présentes lignes directrices traitent de la consommation de pierre calcaire, dolomite et autres utilisations de carbonates de manière différente de ce qui avait été dit dans les précédents documents de lignes directrices du GIES. Les directives précédentes suggéraient que, sauf pour le cas de la pierre calcaire et de la dolomite consommées dans la production de ciment, de chaux et de chaulage des sols agricoles, toute consommation de pierre calcaire et dolomite devait être rapportée dans la catégorie source intitulée Utilisation de pierre calcaire et dolomite.

Dans les lignes directrices version 2006, les émissions provenant d'utilisation d'autres traitements de carbonates doivent être rapportées dans la catégorie source où elles sont consommées et par là même les émissions sont rapportées dans le secteur où elles sont émises. Ce changement peut demander un re-calcul pour garantir une cohérence temporelle pour la catégorie source. Utilisations d'autres procédés de carbonates dans l'industrie minérale, et également dans les autres catégories sources où les carbonates sont consommés.

Il y a un certain nombre de manières qui peuvent contribuer à une séquence temporelle cohérente : les *bonnes pratiques* pour le compilateur d'inventaire considèrent ce qui suit conformément au volume 1, chapitre 5.

- Si les données sont accessibles pour compléter la méthode de Niveau 3 (ou de Niveau 2) pour toutes les années, cela doit être suivi.
- Si les données sont uniquement accessibles pour certaines années, les années intermédiaires peuvent être estimées par interpolation ou extrapolation des tendances.
- Si les données concernant les utilisations d'autres procédés de carbonates sont accessibles à un niveau désagrégé pour la dernière année uniquement, le compilateur d'inventaire peut choisir d'appliquer la proportion de carbonates consommée dans chaque industrie pour la dernière année aux tendances de production pour les industries respectives, comme pour la Méthode de remplacement détaillée dans le volume 1, Section 5.3. Les compilateurs d'inventaire doivent être prudents lors de l'utilisation de cette approche et voir s'il existe des circonstances nationales qui peuvent avoir entraîné une plus grande utilisation de flux ou d'agents scorificateurs pour certaines industries pendant cette période.

## **2.5.2 Evaluation d'incertitudes**

### **2.5.1.6 INCERTITUDES DU FACTEUR D'EMISSION**

En théorie, l'incertitude associée a facteur d'émissions pour cette catégorie source doit être relativement faible puisque le facteur d'émissions est la proportion stoechiométrique qui reflète le montant de CO<sub>2</sub> rejeté lors de la calcination du carbonate. Dans la pratique, il y a des incertitudes dues, en partie, aux variations de la composition chimique de la pierre calcaire et autres carbonates. Par exemple, en plus de carbone de calcaire, la pierre calcaire peut contenir de plus faibles quantités d'oxydes de magnésium, silices et soufre. En partant de l'hypothèse que les données d'activité sont recueillies correctement, et ainsi le facteur d'émissions correct est appliqué, il y a une incertitude négligeable associée au facteur d'émissions. Il peut y avoir une certaine incertitude associée à l'hypothèse d'une pureté fractionnelle de pierre calcaire et de dolomite dans les cas où seul les données de roche de carbonate sont accessibles (+/- 1-5%).

### **2.5.1.7 INCERTITUDES DE DONNEES D'ACTIVITE**

Les incertitudes de données d'activité sont plus importantes que les incertitudes associées aux facteurs d'émissions. On part de l'hypothèse que la consommation de carbone est attribuée aux secteurs/industries de consommation appropriés, l'incertitude associée au pesage et distribution des carbonates pour toute industrie donnée est alors de 1-3%. L'incertitude de l'analyse chimique globale pour le contenu de carbonate et l'identité est aussi de 1-3%. L'incertitude associée à l'utilisation des méthodes de niveaux 2 et 3, y compris l'hypothèse d'une décomposition par défaut de pierre calcaire par opposition à la dolomite de 85 % / 15 %, varie selon les circonstances propres à chaque pays.

Les données d'activité pour l'utilisation de pierre calcaire et de dolomite peuvent être difficiles à recueillir, puisqu'il y a une variété d'utilisations finales dans différentes industries dont certaines sont émissives et d'autres non. Les statistiques nationales peuvent inclure une catégorie d'utilisation finale « d'autres utilisations non spécifiées » (ou une catégorie similaire) et il peut être difficile d'attribuer « d'autres utilisations non spécifiées » au secteur de consommation approprié. Lorsque toutes les utilisations ne peuvent pas être correctement identifiées, cela va augmenter l'incertitude.

## **2.5.2 Assurance Qualité/Contrôle Qualité (AQ/CQ), Etablissement de rapport et documentation**

### **2.5.2.1 ASSURANCE QUALITE/CONTROLE QUALITE (AQ/CQ)**

#### **COMPARAISON DES ESTIMATIONS D'EMISSIONS UTILISANT DES APPROCHES DIFFERENTES**

Les estimations d'émissions provenant de tout niveau peuvent être comparées aux autres niveaux, même si l'approche de Niveau 3 peut comptabiliser les espèces de carbonates non incluses dans les analyses de niveaux 1 ou 2. En supposant que la même fraction de calcination obtenue est utilisant pour tous les niveaux, les émissions estimées en utilisant les approches respectives seront susceptibles d'être similaires en magnitude, considérant que la pierre calcaire et la dolomite sont susceptibles d'apporter le plus grand pourcentage d'émissions pour les dites sources.

#### **VERIFICATION DE DONNEES SUR LES ACTIVITES**

Comme la pierre calcaire, la dolomite et d'autres carbonates sont consommés dans une variété d'industries, il peut y avoir un certain nombre de sources de données accessibles différentes contenant une consommation de carbonates dans les industries respectives. Par exemple, les données pur la consommation de pierre calcaire dans diverses installations dans l'industrie sidérurgique et métallurgique peuvent être comparées pour voir si la quantité de flux utilisée proportionnellement à la production au niveau de l'installation est similaire.

Et les informations propres à une usine concernant l'utilisation de pierre calcaire, de dolomite et autres carbonates comme flux peuvent être comparées aux statistiques de l'association de l'industrie. Ces statistiques de l'association de l'industrie peuvent à leur tour être comparées aux statistiques nationales sur la consommation de pierre calcaire, dolomite ou autres carbonates.

Il est souvent utile d'examiner les tendances de données d'activité sur une certaine période pour voir s'il peut y avoir de plus importantes fluctuations d'une année sur l'autre. Les compilateurs d'inventaire doivent être prudents lorsqu'ils tirent des conclusions sur ces données de tendances puisqu'il peut y avoir d'importantes fluctuations d'une année sur l'autre dans ces statistiques.

### **2.5.2.2 ÉTABLISSEMENT DE RAPPORT ET DOCUMENTATION**

L'inventaire doit inclure le résumé des méthodes employées et les références des données sources pour que les émissions estimées soient transparentes et que les étapes de leur calcul puissent être reproduites. Comme noté ci-dessus, la considération la plus importante que les compilateurs d'inventaire doivent faire lorsqu'ils rapportent les émissions provenant d'utilisation d'autres procédés de carbonates est que les émissions doivent être rapportées dans la catégorie source dans laquelle les carbonates sont consommés.

#### **NIVEAU 1 ET NIVEAU 2**

Les informations doivent être rapportées sur la quantité de pierre calcaire et de dolomite consommée par chaque industrie. Lorsque la décomposition de carbonates consommés dans une industrie particulière est inconnue et qu'une attribution par défaut de 85% de pierre calcaire et 15% de dolomite est utilisée, cela doit être appuyé par des documents.

#### **NIVEAU 3**

La documentation requise pour l'approche de niveau 3 est analogue aux autres catégories sources de ce chapitre qui calcule les émissions sur les entrées de carbonate.

## Références

- ASTM (1996). ASTM International. Standard Specification for Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone for Chemical Uses, Designation: C911-96, Table 1.
- ASTM (2004a). ASTM International. Standard Specification for Portland Cement, Designation: C-150-02.
- ASTM (2004b). ASTM International. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements: C-595-03.
- Boyd, D. C. et Thompson, D. A. (1980) "Glass", Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 3<sup>ème</sup> Édition, volume 11, pp 826-827.
- Boynton, R. S. (1980). Chemistry and Technology of Lime and Limestone, Second Edition, John Wiley & Fils, Inc., New York, USA.
- CRC Handbook of Chemistry and Physics (2004). (David R. Lide, Lead Editor); CRC Press, Boca Raton, FL; Sec. 1, p.12-14
- DIN (1994). Deutsche Industrie Norm. DIN 1164-1 Zement, Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen. Édition 1994-10.
- EU-BREF Ceramics (2005). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. (<http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>)
- Hendriks *et al.* (1998). Proceedings of the 4th International Conference of GHG Control Technologies. 30 août–2 septembre. Interlaken.
- Miller, M. (1999a). US Geological Survey, Calculations based on Boynton, 1980.
- Miller, M. (1999b). U.S. Geological Survey. Calculations based on ASTM, 1996b et Schwarzkopf, 1985.
- Schwarzkopf, F. (1985). Lime Burning Technology (2<sup>nd</sup> Edition), Table 2, June 1985.
- Van Oss, H. (2005). Personal communication with Hendrik van Oss, January 2005.
- Van Oss, H. et Padovani, A. (2002). Cement Manufacture and the Environment. Part I: Chemistry and Technology. *Journal of Industrial Ecology*. Vol.6, Issue 1, pages 89-105.
- WBCSD (2005). World Business Council for Sustainable Development The Cement CO<sub>2</sub> Protocol: CO<sub>2</sub> Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry. Version 2. June 2005