

2.11.1 Méthodologie d'estimation du CO₂ et du CH₄ issus de la production de carbure de silicium

Emissions de CO₂

Le CO₂ dégagé dans la production de carbure de silicium est un dérivé issu d'une réaction entre le quartz et le carbone. Le coke de pétrole est utilisé comme une source de carbone. Il existe un facteur d'émissions typique, basé sur les usines de Norvège, qui est de 2,3 tonnes CO₂/tonne de coke.

Emissions de CH₄

Le coke de pétrole utilisé dans ce procédé peut contenir des composés volatils qui formeront ensuite du CH₄. Une partie de ce CH₄ s'évaporera dans l'atmosphère, particulièrement lors du démarrage du procédé. Les mesures effectuées dans les usines norvégiennes montrent en effet des facteurs d'émission de 10,2 kg CH₄/tonne de coke de pétrole ou 11,6 kg CH₄/tonne de carbure produit.

2.11.2 Méthodologie d'estimation des émissions de CO₂ provenant de la production de carbure de calcium

Le carbure de calcium s'obtient par chauffage du carbonate de calcium (CaCO₃) et par la réduction de la chaux (CaO) avec le carbone (par exemple le coke de pétrole). Ces deux procédés conduisent à des émissions de CO₂.

Il convient d'utiliser les facteurs d'émission présentés dans le tableau 2-8 pour l'estimation des émissions.

Les émissions peuvent se calculer à partir de l'utilisation de matières premières (calcaire et coke). Le calcaire contient environ 98 pour cent de CaCO₃. Pour produire 1 tonne de carbure, il faut 1750 kg de chaux (ou 950 kg de CaO) et 640 kg d'agent réducteur (y compris des électrodes de 20 kg de carbone).

CARBURE DE CALCIUM

Il convient de noter que le CaO (chaux) pourrait ne pas être produit au niveau de l'usine de carbure. Dans ce cas, les émissions provenant du procédé de CaO doivent figurer comme des émissions dues à la production de chaux (section 2.4), et seules les émissions du procédé de réduction et de l'utilisation du produit doivent figurer comme des émissions provenant de la fabrication du carbure de calcium.

Calcaire	0,76	Tonnes CO ₂ /tonne carbure
Réduction	1,090	Tonnes CO ₂ /tonne carbure
Utilisation du produit	1,100	Tonnes CO ₂ /tonne carbure



Comment remplir la feuille de calcul

Utilisez la FEUILLE DE CALCUL 2-9 PRODUCTION DE CARBURE - pour inscrire les données relatives à ce sous-module. Si la quantité de coke consommée n'est pas connue, l'estimation des émissions de CO₂ se fera à partir des données de la production de carbure. Se référer à la méthode présentée pour la production de carbure de calcium.

Pour les émissions de CH₄ provenant du carbure de silicium, deux méthodes sont présentées :

- Niveau 1a qui se base sur la consommation de coke de pétrole et,
- Niveau 1b qui se base sur les données de production de carbure pour le silicium.

UTILISATION DE LA FEUILLE DE CALCUL

- Faire une copie de la feuille de calcul qui se trouve à la fin de cette section afin de dresser l'inventaire.
- Conservez l'original de la feuille de calcul non remplie afin de pouvoir faire d'autres copies si nécessaire.

Carbure de silicium

ETAPE 1 ESTIMATION DES EMISSIONS DE CO₂ ISSUES DE LA PRODUCTION DE CARBURE DE SILICIUM

- 1 Obtenez une estimation de la consommation de coke en tonnes et inscrivez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez la teneur en carbone du coke (exprimée en pourcentage) dans la colonne B. Une valeur par défaut de 97 pour cent peut être utilisée.
- 3 Inscrivez dans la colonne C, l'apport de carbone séquestré dans le produit (exprimé en pourcentage). S'il n'existe pas d'autres données, utilisez une valeur de 35 pour cent.
- 4 Multipliez la colonne A par la colonne B, et par 100 moins la colonne C, et le facteur $3,67 \times 10^{-4}$ pour obtenir les émissions de CO₂, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.
- 5 Divisez la colonne D par 10³ pour la convertir en gigagrammes de CO₂, et inscrivez cette valeur dans la colonne E.

Niveau 1a – Sur la base de la consommation de coke de pétrole

ETAPE 2 ESTIMATION DES EMISSIONS DE CH₄ ISSUES DE LA PRODUCTION DE CARBURE DE SILICIUM - NIVEAU 1a

- 1 Obtenez une estimation en tonnes de la quantité de coke de pétrole consommée, et inscrivez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez, dans la colonne B, le facteur d'émission correspondant exprimé en kg de CH₄ par tonne de coke de pétrole consommé. Le facteur d'émission recommandé est de 10,2 kg CH₄/tonne de coke de pétrole si aucune autre information n'est disponible.

- 3 Multipliez la colonne A par la colonne B pour obtenir les émissions de CH₄ en kg, et inscrivez cette valeur dans la colonne C.
- 4 Divisez la colonne C par 10⁶ pour convertir en gigagrammes de CH₄, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.

Niveau 1b - Sur la base de la production de carbure de silicium

ETAPE 3 ESTIMATION DES EMISSIONS DE CH₄ ISSUES DE LA PRODUCTION DE CARBURE DE SILICIUM - NIVEAU 1b

- 1 Obtenez une estimation de la quantité de carbure de silicium produit exprimée en tonnes, et inscrivez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez dans la colonne B un facteur d'émission en kg de CH₄ par tonne de carbure produit. Un facteur d'émission de 11,6 kg CH₄/tonne de carbure produit peut être utilisé si l'on ne dispose d'aucune autre information.
- 3 Multipliez la colonne A par la colonne B pour obtenir le CH₄ émis en kg, et inscrivez cette valeur dans la colonne C.
- 4 Divisez la colonne C par 10⁶ afin de la convertir en gigagrammes de CH₄, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.

Carbure de calcium

ETAPE 4 ESTIMATION DES EMISSIONS DE CO₂ ISSUES DE LA PRODUCTION DE CARBURE DE CALCIUM

- 1 Obtenez une estimation de la quantité de carbure produit en tonnes, et inscrivez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez dans la colonne B, le facteur d'émission correspondant exprimé en tonnes de CO₂ par tonne de produit chimique. Le facteur d'émission pour le carbure de calcium doit inclure toutes les composantes nécessaires, comme le chauffage du carbonate de calcium, la réduction de la chaux et/ou l'utilisation du produit (voir le tableau 2-8 pour les facteurs d'émission). Il convient de ne pas inclure les émissions liées à la production de chaux si cette dernière n'est pas produite dans la même usine que le carbure de calcium.
- 3 Multipliez la colonne A par la colonne B pour obtenir le CO₂ émis en tonnes, et inscrivez cette valeur dans la colonne C.
- 4 Divisez la colonne C par 10³ pour la convertir en gigagrammes de CO₂, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.
- 5 Faites la somme des valeurs figurant dans la colonne D, et inscrivez le résultat au bas de cette colonne pour obtenir le total de CO₂ émis.



2.12 Production d'autres produits chimiques

Introduction

La production d'autres produits chimiques tels que le noir de carbone, le styrène, le chlorure de polyvinyle, l'acide sulfurique, etc., peuvent constituer des sources d'émission de CH₄, N₂O, NO_x, COVNM, CO et SO₂.

Sources de données

Les données internationales de production sont disponibles auprès des Nations Unies (1988) et auprès du US Bureau of Mines (1988). Les chiffres de la Nomenclature Standard relative à la Pollution de l'Air (SNAP) (EMEP/CORINAIR, 1996) pour ces procédés sont mentionnés dans les tableaux.

2.12.1 Méthodologie d'estimation des émissions de CH₄

Bien que la plupart des sources de CH₄ liées aux procédés industriels soient relativement faibles si on les considère sur une base individuelle, elles peuvent s'avérer importantes prises collectivement.

On dispose actuellement de peu de données sur les facteurs d'émission. Celles-ci sont présentées au tableau 2-9 ci-après (pour les sources, voir *les lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - version révisée 1996*).

Noir de Carbone	11
Ethylène	1
Dichloroéthylène	0,4
Styrène	4
Méthanol	2
Coke	0,5

Les émissions sont obtenues en multipliant un facteur d'émission par la production annuelle.

2.12.2 Méthodologie d'estimation des émissions de N₂O

La production de matières chimiques autres que l'acide nitrique et l'acide adipique peut être la source de N₂O ; mais des études complémentaires sont à effectuer pour déterminer si ces matières représentent des sources significatives d'émissions.

2.12.3 Méthodologie d'estimation des émissions de NO_x, COVNM, CO et SO₂

Cette section traite des émissions provenant de sources de faible importance. Toutefois, le total de ces émissions au niveau national peut s'avérer important et nous recommandons ici une méthodologie simple.

Un récapitulatif des émissions par défaut, ainsi que des valeurs de facteurs d'émission, si elles sont applicables, est présenté dans le tableau 2-10. Les intervalles de valeurs fournis pour les émissions de COVNM provenant d'un grand nombre de procédés sont assez larges. Les facteurs d'émission sont directement liés au procédé utilisé.



TABLEAU 2-10
FACTEURS D'EMISSION POUR D'AUTRES PROCEDES DE PRODUCTION DANS LES INDUSTRIES CHIMIQUES
(KG/TONNE DE PRODUIT)

SOURCE	SNAP	NO _x	COVM	CO	SO ₂
Acrylonitrile	40520	-	1 (0,4-100)	-	-
Résines d'acrylonitrile butadiène styrène (ABS)	40515	-	27,2 (1,4-27,2)	-	-
Noir de Carbone	40409	0,4	40 (5-90)	10 (5-14)	3,1
Ethylbenzène	40518	-	2 (0,1-2)	-	-
Ethylène et propylène	40501/40502	-	1,4	-	-
Formaldehyde	40517	-	5 (0-8)	-	-
Graphite	40411	-	ND	-	-
Anhydride phtalique	40519	-	6,0 (1,3-6,0)	-	-
Polypropylène	40509	-	12 (0,35-12)	-	-
Polystyrène	40511	-	5,4 (0,2-5,4)	-	-
Polyéthylène – basse densité	40506	-	3	-	-
Polyéthylène – basse densité linéaire	-	-	2	-	-
Polyéthylène - forte densité	50507	-	6,4	-	-
Chlorure de polyvinyle	40508	-	8,5 (0,14-8,5)	-	-
Styrène	40510	-	18 (0,25-18)	-	-
Styrène butadiène	40512-14	-	ND	-	-
1,2, dichloroéthane	40503	-	7,3 (0,2-7,3)	-	-
Acide sulfurique	40401	-	-	-	17,5 (1-25)
Dioxyde de titane	40410	-	-	-	14,6 (0,9-14,6)
Urée	40408	ND	ND	ND	ND
Chlorure de vinyle ^a	40504				
1,2, dichloroéthane	40505	-	2,2	-	-

Note : Intervalles de valeurs entre parenthèses

Pour les sources, voir les *lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - version révisée 1996*.

^a Utilisez des facteurs d'émission différents pour les monomères et les polymères, même si la production a lieu dans la même usine, sauf indication contraire.

Comment remplir la feuille de calcul

Utilisez la FEUILLE DE CALCUL 2-10 PRODUCTION D'AUTRES PRODUITS CHIMIQUES pour inscrire les données relatives à ce sous-module.

ETAPE 1 ESTIMATION DES EMISSIONS DE CH₄

- 1 Obtenez une estimation de la quantité de matière chimique produite, et inscrivez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez dans la colonne B le facteur d'émission en kg de CH₄ par tonne de matière chimique produite.
- 3 Multipliez la colonne A par la colonne B pour obtenir le CH₄ émis en kg, et inscrivez cette valeur dans la colonne C.
- 4 Divisez la colonne C par 10⁶ afin de la convertir en gigagrammes de CH₄, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.
- 5 Faites la somme des valeurs figurant dans la colonne D, et inscrivez le résultat au bas de cette colonne pour obtenir le total du CH₄ émis.

ETAPE 2 ESTIMATION DES EMISSIONS DE NO_x

- 1 Obtenez une estimation de la quantité de matière chimique produite exprimée en tonnes, et inscrivez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez dans la colonne B, le facteur d'émission correspondant, à partir du tableau 2-10, en kg de NO_x par tonne de matière chimique produite.
- 3 Multipliez la colonne A par la colonne B pour obtenir le NO_x émis en kg, et inscrivez cette valeur dans la colonne C.
- 4 Divisez la colonne C par 10⁶ pour la convertir en gigagrammes de NO_x, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.
- 5 Faites la somme des valeurs figurant dans la colonne D, et inscrivez le résultat au bas de cette colonne pour obtenir le total du NO_x émis.

ETAPE 3 ESTIMATION DU COVNM EMIS

- 1 Obtenez une estimation de la quantité de matière chimique produite exprimée en tonnes, et inscrivez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez dans la colonne B, le facteur d'émission correspondant, à partir du tableau 2-10, en kg de COVNM par tonne de matière chimique produite.
- 3 Multipliez la colonne A par la colonne B afin d'obtenir le COVNM émis en kg, et inscrivez cette valeur dans la colonne C.



- 4 Divisez la colonne C par 10^6 pour la convertir en gigagrammes de COVNM, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.
- 5 Faites la somme des valeurs figurant dans la colonne D, et inscrivez le résultat au bas de cette colonne pour obtenir le total du COVNM émis.

ETAPE 4 ESTIMATION DU CO EMIS

- 1 Obtenez une estimation de la quantité de matière chimique produite exprimée en tonnes et entrez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez dans la colonne B, le facteur d'émission correspondant, à partir du tableau 2-10, en kg de CO par tonne de produit chimique.
- 3 Multipliez la colonne A par la colonne B pour obtenir le CO émis en kg, et inscrivez cette valeur dans la colonne C.
- 4 Divisez la colonne C par 10^6 pour la convertir en gigagrammes de CO, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.
- 5 Faites la somme des valeurs figurant dans la colonne D, et inscrivez le résultat au bas de cette colonne pour obtenir le total du CO émis.

ETAPE 5 ESTIMATION DU SO₂ EMIS

- 1 Obtenez une estimation de la quantité de matière chimique produite exprimée en tonnes, et inscrivez cette valeur dans la colonne A.
- 2 Inscrivez dans la colonne B, le facteur d'émission correspondant, à partir du tableau 2-10, en kg de SO₂ par tonne de produit chimique.
- 3 Multipliez la colonne A par la colonne B pour obtenir le SO₂ émis en kg, et inscrivez cette valeur dans la colonne C.
- 4 Divisez la colonne C par 10^6 pour la convertir en gigagrammes de SO₂, et inscrivez cette valeur dans la colonne D.
- 5 Faites la somme des valeurs figurant dans la colonne D, et inscrivez le résultat au bas de cette colonne pour obtenir le total du SO₂ émis.

2.13 Production de métal

Introduction

La méthodologie recommandée (Niveau Ia) pour l'estimation des émissions de CO₂ pour tous les types de production de métal, est présentée dans la section 2.13.1. Cette méthodologie nécessite des informations sur la quantité d'agents réducteurs utilisés. Si ces informations ne sont pas disponibles, des méthodologies (Niveau Ib) pour l'estimation des émissions de CO₂ sur la base des quantités de métal produites sont données dans les sections suivantes relatives à des métaux en particulier.

Sources de données

Les données internationales de production sont disponibles auprès des Nations Unies (1988) et auprès du US Bureau of Mines (1988). Les chiffres suivants sont attribués par la Nomenclature Standard relative à la Pollution de l'Air (SNAP) : 30302 pour le fer et l'acier issu de fourneaux de réchauffage; 30303 pour les fonderies de fer; 40200 pour les industries du fer et des aciéries ainsi que les houillères; 40201 pour les fours à coke; 40202 pour les chargements de hauts fourneaux; 40203 pour la fonte brute; 40204 pour le combustible solide sans fumée; 40205 pour une aciérie à ciel ouvert; 40206 pour haut fourneau à oxygène de base; 40207 pour une aciérie électrique; 40208 pour les laminoirs; 40302 pour les ferro-alliages; 40302 pour la production de ferro-alliages; 40301 pour la production d'aluminium; 40300 pour l'industrie des métaux non-ferreux (EMEP/CORINAIR, 1996).

2.13.1 Méthodologie recommandée pour estimer les émissions de CO₂

La méthodologie recommandée requiert de connaître la quantité d'agent réducteur qui est utilisée pour la fabrication du métal. Si l'on ne dispose pas de cette information, il convient de consulter les sections 2.13.2 à 2.13.6.

Le tableau 2-11 présente des facteurs d'émission par défaut pour divers agents réducteur de masse.

TABLEAU 2-11 FACTEURS D'ÉMISSION POUR LE CO ₂ ISSU DE LA PRODUCTION DE METAL (TONNE CO ₂ /TONNE D'AGENT REDUCTEUR)	
Agent réducteur	Facteur d'émission ^a
Charbon ^b	2,5
Coke obtenu à partir du charbon ^b	3,1
Coke de pétrole	3,6
Anodes précuites et électrodes de charbon	3,6
^a Si de meilleures informations (la formulation proposée n'est pas très aisée au français) sur la teneur réelle en carbone ne sont pas disponibles au niveau national, ou si l'on ne peut la calculer à partir des données indiquées dans le chapitre Energie.	
^b Tiré des données figurant dans le chapitre Energie.	



2.13.2 Fer et acier

2.13.2.1 Méthodologie d'estimation des émissions de CO₂

Niveau 1a

Se reporter à la section 2.13.1 si la quantité de l'agent réducteur est connue.

Niveau 1b

Parsons (1977) et ORTECH (1994) ont mené des études sur la consommation de carbone par les unités de production de fer et d'acier. Leurs résultats ont été présentés dans un compte-rendu de Environment Canada daté de 1996. Un facteur d'émission de CO₂ est proposé dans le tableau 2-12.

Pays	Description	Facteur d'émission	Référence
Canada ^a	Unité intégrée ^b (coke plus fer et/ou production d'acier).	1,6	Environment Canada 1996

^a Inclut le CO₂ généré par le coke et la consommation de gaz de cokerie. Non inclus toute forme conventionnelle de consommation d'énergie. Le facteur d'émission s'applique à la fois pour la production du fer ou du fer associé à l'acier étant donné que l'incertitude des estimations est prépondérante sur la différence additionnelle au niveau des émissions de CO₂.

^b Environment Canada a mentionné un facteur d'émission d'environ 1,5 tonnes de CO₂/tonne de fer ou d'acier pour une unité non intégrée. Cette valeur n'est toutefois pas très fiable.

Note : Les chiffres ne prennent pas en compte le CO₂ issu de la consommation de fondant (CaCO₃).

DOUBLE COMPTAGE

Des émissions supplémentaires se produisent lorsque les flux de calcaire libèrent du dioxyde de carbone au cours de la réduction de la fonte brute dans un haut fourneau. Cette source est prise en compte dans la section 2.5 comme émission issue de l'utilisation du calcaire. Il convient de prendre soin de ne pas compter deux fois ces émissions.

2.13.2.2 Méthodologie d'estimation des émissions de NO_x, COVNM, CO et SO₂

Des émissions imputables au fer et à l'acier peuvent se dégager au cours des différentes étapes de leurs procédés de production. Ces émissions sont décrites dans les tableaux présentés ci-après. La plupart des émissions dégagées des laminoirs proviennent du combustible utilisé pour le chauffage du procédé. Cependant, le laminage à froid va dégager, en plus des émissions provenant de la combustion, une variété d'autres gaz.

Dans les tableaux qui vont suivre, de 2-13 à 2-16, sont récapitulés des facteurs d'émission proposés dans le *manuel de référence* de la *version révisée en 1996 des lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*, pour le NO_x, COVNM, CO et SO₂ :

TABLEAU 2-13 TAUX D'EMISSION DECLARES DE NO_x POUR LE SECTEUR DU FER ET DE L'ACIER (G NO_x/TONNE PRODUITE DE FER OU D'ACIER)		
Source	Facteur d'émission (g/tonne produite)	Référence
Production du fer – taraudage de la fonte brute	76	CASPER 1995
Transformation de l'acier - Laminiers	40	Manuel EMEP/CORINAIR

TABLEAU 2-14 TAUX D'EMISSION DECLARES DE COVNM POUR LE SECTEUR DU FER ET DE L'ACIER (G COVNM/TONNE PRODUITE DE FER OU D'ACIER)		
Source	Facteur d'émission (g/tonne produite)	Référence
Production du fer - chargement du haut fourneau	100	CASPER 1995
Production du fer - taraudage de la fonte brute	20	CASPER 1995
Transformation de l'acier - laminiers	30	Manuel EMEP/CORINAIR

TABLEAU 2-15 TAUX D'EMISSION DECLARES DE CO POUR LE SECTEUR DU FER ET DE L'ACIER (G CO/TONNE PRODUITE DE FER OU D'ACIER)		
Source	Facteur d'émission (g/tonne produite)	Référence
Production du fer - chargement du haut fourneau	1300	CASPER 1995
Production du fer - taraudage de la fonte brute	112	CASPER 1995
Transformation de l'acier - laminiers	1	Manuel EMEP/CORINAIR



Source	Facteur d'émission (g/tonne produite)	Référence
Production du fer - chargement du fourneau	1 000-3 000	Environment Canada
Production du fer - taraudage de la fonte brute	30	CASPER 1995
Transformation de l'acier - laminoirs	45	Manuel EMEP/CORINAIR

Les facteurs d'émission pour la production d'acier (haut fourneau à ciel ouvert, aciérie de haut fourneau à oxygène de base, et aciéries à haut fourneau électrique) ne sont pas mentionnés.

2.13.3 Ferro-alliages

Introduction

La production de ferro-alliages implique un procédé métallurgique de réduction qui a pour conséquence d'entraîner d'importantes émissions de dioxyde de carbone.

Les émissions principales des haut fourneaux couverts en arc sont presque toutes du CO, par opposition au CO₂ en raison d'un environnement de réduction prédominant (ORTECH, 1994). On suppose cependant que la totalité de CO sera convertie en CO₂ les jours suivants.

2.13.3.1 Méthodologie d'estimation des émissions de CO₂

Niveau Ia

Se reporter à la section 2.13.1 si la quantité d'agent réducteur est connue.

Niveau Ib

On suppose que les facteurs d'émission proposés (tableau 2-17) se rapportent exclusivement au carbone fossile (si cela n'est pas spécifié) et dérivés du bilan matériel élaboré par SINTEF (SINTEF 1991a) et Streibel, 1974.

Type de ferro-alliage	Facteur d'émission (tonnes/tonne de produit)
Ferro-silicium - 50%Si	2-2,7
Ferro-silicium - 75%Si	3,9
Ferro-silicium - 90%Si	4,8-6,5
Métal de silicium ^a	4,3
Ferro-manganèse	1,6
Silicium manganèse	1,7
Ferrochrome	1,3
Silicium-ferrochrome	ND

^a Pour obtenir les propriétés désirées du produit, tous les producteurs utilisent certainement un peu de biocarbone. On considère généralement une valeur minimum de 1,6 tonnes de bio-CO₂/tonne de silicium, et cette valeur n'est pas comprise dans le facteur d'émission de ce tableau.

2.13.4 Aluminium

Introduction

La production d'aluminium primaire se fait en deux étapes. Tout d'abord le minerai de bauxite est broyé, purifié et soumis à une cuisson pour produire de l'alumine. Ensuite la réduction électrolytique de l'alumine, par fusion opérée dans de grandes cuves, produit de l'aluminium.

La plupart du dioxyde de carbone provient de la réaction de l'anode de carbone avec l'alumine ; mais une partie se forme à mesure que l'anode réagit avec d'autres sources d'oxygène (notamment l'air). Ceci se produit pendant le fonctionnement de la pile, et dans le cas d'électrodes précuites pendant la production d'anode dans l'usine d'aluminium.

2.13.4.1 Méthodologie d'estimation des émissions de CO₂

Niveau 1a

Se reporter à la section 2.13.1 si la quantité d'agent réducteur est connue.

Niveau 1b

Si la quantité d'agent réducteur n'est pas connue, l'estimation des émissions de CO₂ peut être effectuée à partir du volume de production du métal primaire et de la consommation exacte de carbone. Des facteurs d'émission pour le CO₂ sont proposés au tableau 2-18 et sont basés sur SINTEF 1991b et ORTECH 1994.



Polluant	Procédé Söderberg	Procédé de l'anode précurée
CO ₂	1,8	1,5

2.13.4.2 Méthodologie d'estimation des émissions de PFC

Introduction

On sait que deux PFC, le tétrafluorure de carbone (CF₄) et l'hexafluorure de carbone (C₂F₆), sont générés au cours du processus de fabrication de l'aluminium primaire.

Niveau 1a - Données d'émission mesurées

Le *manuel de référence* de la *version révisée 1996 des lignes directrices du GIEC pour les inventaires de gaz à effet de serre* fournit des détails sur la variabilité des émissions de PFC. Etant donné que les émissions de CF₄ et de C₂F₆ varient assez sensiblement d'une fonderie d'aluminium à l'autre, en fonction des paramètres du type de pile et des effets induits par l'anode (EA), les estimations comporteront un degré important d'incertitude, à moins que des mesures réelles d'émissions n'aient été effectuées.

NIVEAU 1a

La méthodologie recommandée sera celle de Niveau 1a. Il convient de tout mettre en œuvre pour obtenir des données mesurées.

Niveau 1b – Calcul des données d'émission

Prendre des mesures est à la fois coûteux et fastidieux. Il serait sans doute plus simple d'effectuer une enquête restreinte au niveau des fours sur la fréquence et la durée des EA (effets induits par l'anode). Il est recommandé, dans ce cas, que les émissions spécifiques de CF₄ liées aux effets d'anode d'une durée de plus de 2 minutes soient calculées comme suit (sur la base de la méthode élaborée par Tabereaux 1995) :

$$\text{kg CF}_4/\text{tonne Al} = 1,698 \times (p / \text{CE}) \times \text{AEF} \times \text{AED}$$

Où :

- p = fraction moyenne de la quantité de CF₄ dans la cuve, au cours des effets d'anode
- Précuite : p = 0,08 (8%)
- Søderberg : p = 0,04 (4%)
- CE = efficacité courante exprimée en fraction, plutôt qu'en pourcentage
- AEF = nombre d'effets d'anode par cuve jour
- AED = durée de l'effet d'anode en minutes

Il est recommandé que le taux d'émission par défaut pour le C₂F₆ corresponde à 1/10 de celui du CF₄.

TABLEAU 2-19				
PARAMETRES PAR DEFAUT POUR L'ESTIMATION DES EMISSIONS DE CF₄ ET C₂F₆ ISSUES DE LA PRODUCTION D'ALUMINIUM				
Type de Procédé	CF ₄		C ₂ F ₆	
	Constante	Faction moyenne de CF ₄ dans le gaz de cuve au cours des effets d'anode	Constante	Fraction moyenne de C ₂ F ₆ dans le gaz de cuve au cours des effets d'anode
Précuite	1,698	0,08	0,1698	0,08
Søderberg	1,698	0,04	0,1698	0,04



Niveau 1c – Données d'émissions estimées

Les estimations des émissions de PFC ont été mentionnées dans plusieurs études. Un compte-rendu de ces études est brièvement donné dans la *version révisée 1996* du *manuel de référence des lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.

Ces estimations ne doivent être utilisées que s'il n'existe pas d'autre donnée issue de mesures. Le choix de facteurs d'émission spécifiques doit s'effectuer en fonction du type de technologie utilisée ainsi que spécifié au tableau 2-20 et s'appliquer aux données de la production nationale de l'aluminium primaire pour chaque technologie. Par conséquent, il est possible d'utiliser l'équation suivante pour donner une estimation des émissions annuelles de CF₄ provenant d'un four à fusion en fonction de la technologie utilisée.

$$\text{Emission de CF}_4 \text{ (kg)} = \text{FE}(\text{tech}) \text{ (kg de CF}_4 \text{ / tonne Al)} \times \text{PP}(\text{tech}) \text{ (tonnes)}$$

Où :

FE_(tech) = facteur d'émission par technologie (tableau 2-20)

PP_(tech) = production primaire d'aluminium par la technologie

Procédés	Pourcentage de la production mondiale	kg CF ₄ /tonne Al
Précuit moderne	20	0,05
HS Søderberg	11	1,0
"Ancien" précuit	40	1,75
VS Søderberg	29	2,0
Poids moyen pour toutes les usines à travers le monde	100	1,40

Pour les sources, voir le *manuel de référence des lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - version révisée 1996*.

On recommande que, par défaut, le taux des émissions de C₂F₆ soit de 1/10 de celui du CF₄.

2.13.4.3 Méthodologie d'estimation des émissions de NO_x, CO et SO₂

L'estimation des émissions de NO_x, CO et SO₂ peut être effectuée à partir de la quantité d'aluminium produite. Les émissions peuvent provenir du procédé et de l'utilisation des anodes. Dans le manuel EMEP/CORINAIR (SNAP 40301), aucune distinction n'est faite entre la méthode Sørdeberg et la méthode de pré-cuisson. Les facteurs d'émission recommandés sont présentés dans le tableau 2-21. Aucune information n'est fournie concernant le degré de contrôle.

TABLEAU 2-21 FACTEURS D'EMISSIONS POUR LE NO _x , CO ET SO ₂ ISSUS DE LA PRODUCTION D'ALUMINIUM (KG/TONNE D'ALUMINIUM PRIMAIRE PRODUITE)			
Polluant	Procédé	Facteur d'émission (Par défaut)	Facteur d'émission (Intervalle)
NO _x	Electrolyse	2,15	1,3-3,0
	Cuisson par anode	NE	NE
CO	Electrolyse	135	27-680
	Cuisson par anode	400	ND
SO ₂	Electrolyse	14,2	10-17,5
	Cuisson par anode	0,9	0,8-1,0
NE = négligeable. ND = non disponible.			

2.13.5 Production d'autres métaux

2.13.5.1 Méthodologie d'estimation des émissions de CO₂

Niveau 1a

Voir la section 2.13.1 si la quantité d'agent réducteur est connue.



Niveau 1b

Celui-ci inclus la production de tous les métaux non-ferreux, à l'exception de l'aluminium. Les métaux peuvent être produits en utilisant le carbone comme agent réducteur, ou bien au moyen d'autres techniques.

Que le carbone soit émis ou non dépend du procédé de production. Certains minerais ne sont pas réduits avec le carbone. Par conséquent les émissions de CO₂ issues de ces procédés sont faibles. La méthode générale recommandée implique que les émissions soient calculées à partir de la consommation d'agents réducteurs et de la teneur en carbone du minerai. Une présentation générale des procédés de fabrication est donnée dans le tableau 2-22. Certains métaux peuvent être produits à partir de méthodes alternatives de production.

MINERAIS DE CARBONATE

Dans le cas du *magnésium* et d'autres métaux du minerai de carbonate, il faudra prendre en compte le carbone émis par le minerai en plus de l'agent réducteur de coke.

TABLEAU 2-22
PROCEDES DE FABRICATION POUR QUELQUES METAUX

Métal	Principal (aux) minerai(s)	Réduction au carbone	Electrolyse (sans carbone)	Autres (sans CO ₂)
Chrome ^a	FeCr ₂ O ₄ , PbCrO ₄	x		
Cuivre	Cu ₂ S, CuFeS ₂ , Cu ₂ O, carbonate		x	x (SO ₂)
Or	Elément		x	x
Plomb	PbS	x		x (SO ₂)
Magnésium	Carbonate	x	x	
Mercuré	HgS			x (SO ₂)
Molybdène	MoS ₂			x (SO ₂)
Nickel	NiS, NiO	x	x	x (SO ₂)
Platine	Elément, PtS			x
Silicium ^b	SiO ₂ , Si-O-alkali	x		
Argent	Ag ₂ S, élément			x
Etain	SnO ₂	x		
Titane	TiO ₂ , FeTiO ₃	x ^c		
Tungstène	WO ₃			x
Uranium	U _x O _y			x
Zinc	ZnS, ZnCO ₃	x	x	x (SO ₂)

^a Voir également la production de ferro-alliage

^b Voir aussi la production de ferro-alliage et la production de carbure

^c Processus de réduction en deux étapes, impliquant tout d'abord le C + Cl₂, puis le Mg

Note : La présence du (SO₂) dans la dernière colonne indique que le procédé de fabrication est une source majeure d'émissions de SO₂ partout dans le monde.