



Guide d'inventaire
des gaz à effet de serre
en Tunisie

Secteur des procédés
industriels



Novembre 2019



Guide d'inventaire
des gaz à effet de serre
en Tunisie

Secteur des procédés
industriels

Novembre 2019

Table des matières

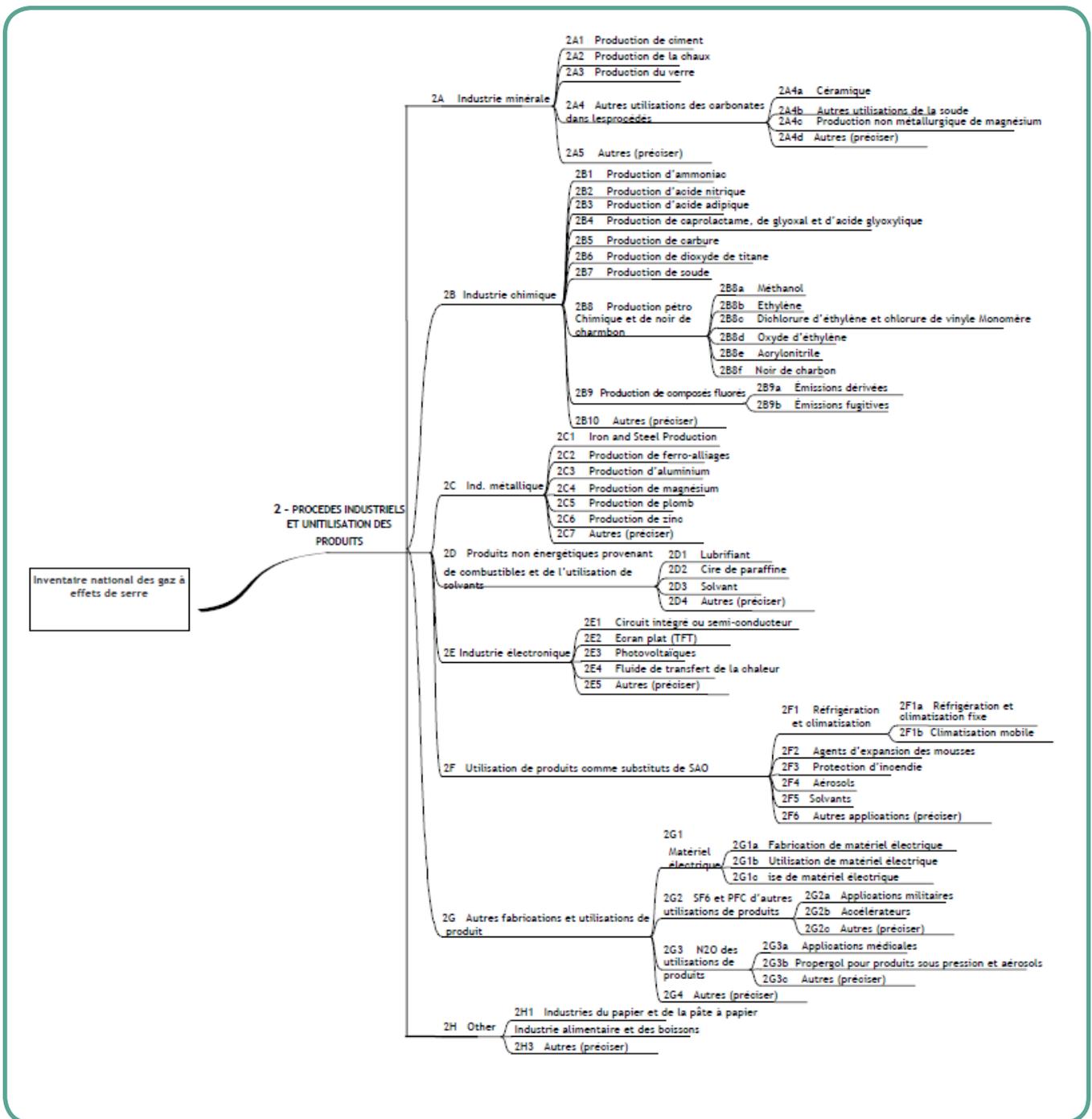
I. Procédés industriels et utilisation de solvants et autres produits (crf2)	6
1. Industries minérales (CRF 2A) :	7
1.1 Caractéristiques de la catégorie	7
1.2 Méthode d'estimation des émissions :	8
1.3 Données d'activité :	11
1.4 Facteurs et paramètres d'émission	14
1.5 Incertitudes :	15
1.6 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) :	15
1.7 Améliorations envisagées :	15
2. Industries chimiques (CRF 2B)	16
2.1 Caractéristiques de la catégorie	16
2.2 Méthode d'estimation des émissions	16
2.3 Données d'activités :	17
2.4 Facteurs d'émission :	17
2.5 Incertitudes	17
2.6 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)	18
2.7 Améliorations envisagées	18
3. Industries métalliques (CRF 2C) :	18
3.1 Caractéristiques de la catégorie :	18
3.2 Méthode d'estimation des émissions :	18
3.3 Données d'activité :	19
3.4 Facteurs d'émission	19
3.5 Incertitudes	19
3.6 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)	20
3.7 Améliorations envisagées	20
4. Produits non énergétiques provenant des combustibles et de l'utilisation de solvants (CRF 2D)	20
4.1 Caractéristiques de la catégorie	20
4.2 Méthode d'estimation des émissions	21
4.3 Données d'activité :	22
4.4 Facteurs et paramètres d'émission	24
4.5 Incertitudes :	24
4.6 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) :	25
4.7 Améliorations envisagées :	25
5. Industries électroniques (CRF 2E) :	25
5.1 Caractéristiques de la catégorie :	25
5.2 Améliorations envisagées :	25

6. Consommations de substituts fluorés de substances appauvrissant la couche d'ozone (CRF 2F) ..	26
6.1 Caractéristiques de la catégorie	26
6.2 Méthode d'estimation des émissions :	26
6.3 Données d'activité :	26
6.4 Incertitudes :	27
6.5 Contrôle et assurance qualité (QA/QC)	27
6.6 Améliorations envisagées.....	27
7. Consommations de SF6 et de perfluorocarbures-PFC (CRF 2G)	28
7.1 Caractéristiques de la catégorie	28
7.2 Méthode d'estimation des émissions :	28
7.3 Incertitudes :	28
7.4 Contrôle et assurance qualité (QA/QC) :	28
7.5 Améliorations envisagées :	28
8. Autre (CRF 2H)	28
8.1 Caractéristiques de la catégorie	28

I. Procédés industriels et utilisation de solvants et autres produits (crf2)

L'estimation des émissions de GES directs pour la catégorie « Procédés industriels et utilisation de produits » s'appuie sur les méthodologies présentées dans le volume 5 des lignes directrices du GIEC 2006. Les procédés industriels et utilisations des produits à couvrir dans l'inventaire des GES de cette catégorie sont présentés dans la figure suivante telle que définie par le GIEC 2006.

En ce qui concerne les émissions de GES indirects elles ont été estimées conformément aux méthodologies de l'EMEP/EEA.



Les sections suivantes décrivent les méthodologies d'estimation des émissions pour chaque source d'émission, à appliquer lors de la préparation de l'inventaire des GES.

1. Industries minérales (CRF 2A) :

1.1. Caractéristiques de la catégorie

Cette catégorie regroupe les branches industrielles de production de ciment, de chaux, de verre ainsi que d'autres branches ayant des procédés utilisant des carbonates (production de céramique, autres utilisations de cendre de soude, production de magnésium non métallurgiques, etc.).

Cette catégorie n'est émettrice que d'émissions de CO₂ liées à la calcination des matériaux de carbonate. Les carbonates contenus dans les matières premières chauffées ou brûlées libèrent du CO₂ pour former des oxydes minéraux ou métalliques.

Décarbonatation dans la production du ciment (2A1)

Les émissions de CO₂ se produisent lors de la production du clinker qui est le principal constituant du ciment. La clinkerisation se fait à la suite de la cuisson de la pierre calcaire à une température avoisinant les 1500 °C.

Le secteur cimentier tunisien a connu un développement remarquable lors des dernières années. Actuellement, on recense 9 cimenteries en activité dans le pays dont 8 produisant du ciment gris et une seule du ciment blanc, il s'agit de :

- La société du ciment d'Oum Leklil «CLOK» ;
- La Société des Ciments Artificiels Tunisiens «CAT» ;
- La Société des Ciments de Jbel Oust «CJO» ;
- La Société des Ciments de Gabès «SCG» ;
- La Société des Ciments d'Enfidha «SCE» ; et
- La Société des Ciments de Bizerte «SCB» ;
- Carthage Cement ;
- La Société Tuniso-Andalouse «SOTACIB» (Kairouan) ;
- La Société Tuniso-Andalouse de Ciment Blanc «SOTACIB» (Fériana)

Les cimenteries tunisiennes assurent leur propre approvisionnement du clinker en le produisant. Rarement des quantités de clinker ont été importées dans le passé. Dans tous les cas, si tel est le cas, il est important de n'intégrer dans les émissions dues aux procédés que les quantités de clinker produites en Tunisie.

Décarbonatation dans la production de la chaux (2A2)

Tout comme la production du ciment, celle de la chaux émet du CO₂ lors de la décomposition des carbonates pour former l'oxyde de calcaire (CaO ou chaux vive). Les types des chaux produits se distinguent par la différence en carbonates consommés lors de leur fabrication. Ils se présentent sous la forme de :

- Chaux aérienne vive et éteinte principalement constituée d'oxyde ou d'hydroxyde de calcium qui durcit lentement sous l'effet du CO₂ présent dans l'air, et utilisée dans l'industrie chimique (catalyseur, neutralisation, ajustement du pH), industrie de la construction (Mortiers, enduits etc.), traitement des eaux, traitement des déchets etc.
- Chaux hydraulique produite par la calcination d'un calcaire plus ou moins argileux et siliceux, et constituée d'hydroxyde de calcium, de silicates et d'aluminates de calcium. La chaux hydraulique est principalement destinée à l'industrie du bâtiment.

Jusqu'en 2012, un seul site de production de chaux (société «Inter-Chaux») était en activité en Tunisie. Inter-chaux produit de la chaux aérienne (60% de la production de l'usine) et de la chaux hydraulique (40%).

Par ailleurs, la majorité des cimenteries produisent également de la chaux, dans le même processus de clinkerisation que dans la production de ciment.

Décarbonatation dans la production du verre (2A3)

Les émissions de CO₂ provenant de l'industrie du verre sont issues de l'action des carbonates dans la fusion du verre qui sont principalement la pierre calcaire (CaCO₃), la dolomie CaMg (CO₃)₂ et la cendre de soude. D'autres carbonates interviennent dans le processus de fabrication du verre mais leurs contributions dans les émissions de CO₂ restent mineures.

Il existe 3 verreries en activité en Tunisie produisant du verre creux et du verre plat. Il s'agit de :

- La société tunisienne des verreries (SOTUVER) ;
- La société Univers des Industries du Verre (UNIVER) ;
- La société de verrerie de Naassen

Autre utilisation de carbonates (2A4)

Pour le cas de la Tunisie, cette catégorie correspond au sous-secteur de la céramique. Comme pour les procédés de production du ciment et de la chaux, les carbonates sont chauffés à températures élevées dans un four, produisant des oxydes et du CO₂.

La Tunisie compte une importante industrie de céramique comprenant la production de briques et d'hourdis, de divers articles en céramique (carreaux, articles ménagers, articles sanitaires, autres) et de produits réfractaires. Selon l'inventaire de 2010, 90 entreprises dans cette branche ont été recensées et sont réparties comme indiqué dans le tableau suivant :

Branches	Briques et Hourdis	Carreaux en céramique	Articles sanitaires en céramique	Articles ménagers en céramique	Autres articles en céramique	Produits réfractaires
Nombre d'entreprises	50	16	4	14	4	2

1.2. Méthode d'estimation des émissions :

Ciment (2A1)

Les émissions de CO₂ provenant de la production du ciment sont estimées en appliquant l'équation 2.3 du chapitre 2 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006. Cette méthodologie de tier 3 s'appuie sur des données désagrégées sur les types et quantités de carbonates (In) consommés pour produire du clinker –effectivement fournis par les cimentiers- ainsi que sur les facteurs d'émissions respectifs des carbonates consommés.

$$\text{Emissions CO}_2 = \sum_i (FE_i * M_i * F_i) - M_d * C_d * (1 - F_d) * FE_d + \sum_k (M_k * X_k * FE_k)$$

Avec :

Émissions de CO₂ = émissions de CO₂ de la production de ciment (en tonnes),

FE_i = facteur d'émissions pour le carbonate spécifique i, tonnes CO₂/tonne carbonate,

M_i = poids ou masse de carbonate i consommé dans le four (en tonnes),

F_i = calcination partielle obtenue pour le carbonate i, fraction,

M_d = poids ou masse de poussière du four du ciment non recyclée dans le four (en tonnes),

C_d = fraction du poids du carbonate d'origine dans cette poussière non recyclée dans le four, fraction,

F_d = calcination partielle obtenue pour cette poussière non recyclée dans le four, fraction,

FE_d = facteur d'émissions pour le carbonate non calciné dans cette poussière non recyclée dans le four, tonnes CO₂/tonne carbonate,

M_k = poids ou masse de matière première k organique ou autre non combustible porteur de carbone, tonnes,

X_k = fraction de carbone totalement organique ou autre carbone dans une matière première k de non combustible spécifique, fraction,

EF_k = facteur d'émissions pour une matière première k non combustible porteuse de kérogène (ou autre carbone), tonnes CO₂/tonne carbonate.

Chaux (2A2)

Les émissions de CO₂ provenant de la production de la chaux sont estimées à travers l'équation 2.7 du chapitre 2 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006. Cette approche tier 3 s'appuie sur des données sur les types et quantités des carbonates consommés pour produire de la chaux ainsi que sur les facteurs d'émissions respectifs des carbonates consommés.

$$\text{Emissions CO}_2 = \sum_i (FE_i * M_i * F_i) - M_d * C_d * (1 - F_d) * FE_d$$

Avec :

Émissions de CO₂ = émissions de CO₂ pour la production de la chaux, tonnes,

FE_i = facteur d'émissions pour carbonate i, tonnes de CO₂/tonne de carbonate,

M_i = poids ou masse de carbonate i consommée, tonnes,

F_i = fraction de calcination obtenue pour le carbonate i, fraction,

M_d = poids ou masse de poussière de four à chaux, tonnes,

C_d = fraction de poids du carbonate original dans la poussière du four à chaux, fraction,

F_d = fraction de calcination obtenue pour la poussière de four à chaux, fraction,

FE_d = facteurs d'émissions pour le carbonate non calciné dans la poussière de four à chaux, tonnes de CO₂/tonne de carbonate.

Verre (2A3)

L'estimation des émissions de CO₂ provenant de la production du verre est effectuée à travers deux méthodologies décrites dans le chapitre 2 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006, selon la disponibilité des données. A titre illustratif, pour les cas de l'inventaire de la Tunisie de 2010, 2011, et 2012, la méthodologie tier 1 a été adoptée pour l'estimation des émissions provenant de la production des verres plats, tandis que la méthode de tier 3 a été utilisée pour estimer les émissions provenant du procédé de fabrication des verres creux.

Méthodologie d'estimation des émissions provenant de la production des verres plats :

$$\text{Emissions CO}_2 = M_g * FE * (1 - CR)$$

Avec :

Émissions de CO₂ = émissions de CO₂ provenant de la production de verre, tonnes,

M_g = masse de verre produite, tonnes,

FE = facteurs d'émissions par défaut pour la fabrication du verre, tonnes de CO₂/tonne de verre,

CR = proportion de calcin pour le procédé, fraction.

Méthodologie d'estimation des émissions provenant de la production des verres creux :

$$\text{Emissions CO}_2 = \sum_i (M_i * FE_i * F_i)$$

Avec :

Émissions de CO₂ = émissions de CO₂ provenant de la production de verre, tonnes,

FE_i = facteur d'émissions pour le carbonate spécifique i, tonnes de CO₂/tonne de carbonate,

M_i = poids ou masse de carbonate i consommé (extrait), tonnes,

F_i = fraction de calcination obtenue du carbonate i, fraction.

Autre utilisation de carbonates (2A4)

Le calcul des émissions liées aux autres procédés industriels utilisant de carbonates se fait en appliquant la méthodologie de tier 3 présentée dans l'équation 2.16 du chapitre 2 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006. Cette méthodologie permet d'estimer les émissions à partir des types et quantités de carbonates contenus dans les matières premières.

$$\text{Emissions CO}_2 = \sum_i (M_i * FE_i * F_i)$$

Avec :

Emissions de CO₂ = émissions de CO₂ provenant d'utilisation s d'autres procédés de carbonates, tonnes,

M_i = masse de carbonate i consommée, tonnes,

FE_i = facteur d'émission pour le carbonate i, tonne de CO₂/tonne de carbonate i,

F_i = fraction de calcination obtenue pour le carbonate i spécifique, fraction.

1.3. Données d'activité :

Ciment (2A1)

Généralement, c'est l'ANME qui est chargée de la collecte des données en envoyant des questionnaires aux cimentiers concernés, sur la base d'un canevas pré-défini (cf. tableau ci-après). Ce canevas couvre les données de cru produit durant l'année pour chaque cimentier. A défaut, les cimentiers devront au moins fournir les données relatives, à la fois, à la production et à la composition du clinker, par matière minérale, sur la base desquelles les émissions dues à décarbonatation peuvent être calculées.

En raison de l'absence d'informations sur les taux de recyclage des poussières dans les fours, et sur les taux de calcination, il est généralement supposé que l'intégralité des poussières est recyclée et que, par conséquent, la totalité des matières minérales est calcinée.

Il faut rappeler que les matières minérales consommées couvrent celles utilisées pour la production de chaux. Les calculs sont donc complets, puisqu'ils couvrent la totalité des émissions découlant de la calcination de la totalité des matières minérales utilisées par les cimenteries.

Tableau 1: Canevas de collecte des données dans le secteur cimentier

	Unité	Année...
Production de ciment (T)	Tonne	
Production de clinker (T)	Tonne	
Quantité de carbonate utilisée pour la production de clinker (tonnes)		
CaCO ₃	Tonne	
MgCO ₃	Tonne	
CaMg(CO ₃) ₂	Tonne	
FeCO ₃	Tonne	
Ca(Fe.Mg.mn)(CO ₃) ₂	Tonne	
MnCO ₃	Tonne	
Na ₂ CO ₃	Tonne	
K ₂ CO ₃	Tonne	
Autres (préciser)	Tonne	
Fraction du composant dans le clinker (%)		
CaO	%	
MgO	%	
CaMg ₂	%	
FeO	%	
Ca(Fe.Mg.mn)O ₂	%	
MnO	%	
Na ₂ O	%	
K ₂ O	%	
Autres (préciser)	%	

Disposez vous d'informations sur les poussières de four calcinées, non recyclées ? Si oui, veuillez compléter les lignes ci-dessous

Masse de poussière de four - non recyclée dans le four	Tonne	
Fraction des différents carbonates dans la poussière non recyclée (%)		
CaCO ₃	%	
MgCO ₃	%	
CaMg(CO ₃) ₂	%	
FeCO ₃	%	
Ca(Fe.Mg.mn)(CO ₃) ₂	%	
MnCO ₃	%	
Na ₂ CO ₃	%	
k ₂ CO ₃	%	
Autres (préciser)	%	
Production de chaux en tonnes		
Usage de la chaux produite	Tonne	
Utilisation exclusive dans le processus de production	Tonne	
Revente sur le marché (préciser la quantité)	Tonne	
Autres (préciser)	Tonne	
Flux de clinker en tonnes		
Achat locaux	Tonne	
Importations	Tonne	
Ventes locales	Tonne	
Exportations	Tonne	

Chaux (2A2)

A peu de choses près, le même type de canevas que celui présenté pour le secteur cimentier devra être envoyé, également par l'ANME, à l'unique site de production de chaux (Inter-chaux).

En raison de l'absence d'informations sur les taux de recyclage des poussières dans les fours, et sur les taux de calcination, on peut supposer que l'intégralité des poussières est recyclée et que par conséquent la totalité des matières minérales est calcinée.

Verre (2A3)

Pour les verres plats, les données sur les productions doivent être recueillies auprès des entreprises productrices. A défaut, de telles données peuvent être disponibles dans les statistiques annuelles de l'Institut National des Statistiques (INS).

Il en sera de même pour les verres creux.

Autre utilisation de carbonates (2A4)

Briques

Il existe de nombreuses briqueteries en activité en Tunisie ; probablement plus d'une centaine entre les briqueteries modernes, et celles plus traditionnelles. En l'absence d'une enquête exhaustive disponible, il est possible d'envoyer un questionnaire d'enquête à une vingtaine de briqueteries parmi les plus importantes en Tunisie. Les réponses, mêmes limitées peuvent donner quelques éléments de caractérisation de l'utilisation des matières minérales par les briqueteries.

Lors de la réalisation de l'inventaire de 2010, et pour pouvoir approcher les émissions d'un tel secteur, il avait été possible de s'appuyer sur une étude réalisée par l'ANPE en 2008 : « Guide Sectoriel pour la réduction de la pollution atmosphérique dans le secteur des Briqueteries en Tunisie », qui présente notamment un état des lieux du secteur (productions par région, composition des briques par région, etc.).

L'approche adoptée avait consisté à tenir compte des spécificités géographiques des matières minérales consommées dans les régions. Ainsi, le territoire tunisien avait été réparti en 4 régions : Nord, Cap bon, Centre et Sud.

Grâce à cette étude, ainsi que les quelques réponses d'unités briquetières reçues il avait été possible de déterminer pour l'année 2008 :

- la production pour chacune des 4 régions ;
- la composition chimique moyenne des briques produites par région, de laquelle on pouvait déduire le contenu en matières minérales.

La quantité de carbonates utilisés en 2010 avait alors été déterminée par région en supposant que la composition chimique des matières premières utilisées pour produire les briques restait stable entre 2008 et 2010 et que la production de chaque région évolue selon le même rythme que la production totale tunisienne. Les consommations de matière minérales avaient donc pu être calculées par région, puis agrégées à l'échelle nationale ; comme l'indique le tableau suivant :

Données 2010	Tonnes
Production de briques	6 808 000
Carbonates consommés	
CaCO ₃	580 738
MgCO ₃	356 477
Na ₂ CO ₃	153 779
Fe ₂ (CO ₃) ₃	501 458
K ₂ CO ₃	240 353

Les facteurs d'émissions par défaut de l'IPCC sont ensuite appliqués aux quantités de matières minérales pour déduire les émissions de CO₂.

Autres articles en céramiques

Il existe de nombreux sites de production d'articles en céramique en Tunisie (carreaux en faïence, Céramique à usage domestique, articles sanitaires, etc.). Pour prendre en compte les spécificités des matières premières utilisées pour la fabrication de ces articles, la quantité de carbonates utilisés doit être déterminée à partir d'une composition chimique nationale moyenne. Cette composition est déduite de la composition régionale déterminée dans le cadre de l'estimation des émissions de la production de briques.

La production de céramiques peut-être compilée à partir des statistiques de l'INS relatives à la production d'articles en céramiques. A titre illustratif, ces statistiques se présentaient de la façon suivante pour l'année 2010.

Données 2010	Tonnes
Céramique produit	479 300
Carbonates consommés	
CaCO ₃	31 261
MgCO ₃	22 055
Na ₂ CO ₃	10 825
Fe ₂ (CO ₃) ₃	34 462
K ₂ CO ₃	15 402

En multipliant cette production par les proportions respectives de chacun des carbonates, on obtient la consommation annuelle de carbonates générant des émissions de CO₂ lorsqu'elles sont cuites à haute température. L'utilisation de facteurs d'émission (cf. 1.4) permettra d'estimer les émissions du secteur.

1.4. Facteurs et paramètres d'émission

Ciment (2A1)

Les facteurs d'émissions des carbonates consommés pour la production du clinker en Tunisie, sont ceux précisés dans le tableau 2.1 du chapitre 2 du volume 3 du GIEC 2006, et qui sont présentés ci-après :

- 0,43971 tonnes CO₂/tonne de CaCO₃.
- 0,52197 tonnes CO₂/tonne de MgCO₃.
- 0,37987 tonnes CO₂/tonne de FeCO₃.
- 0,41492 tonnes CO₂/tonne de Na₂CO₃.

Chaux (2A2)

Les facteurs d'émissions des carbonates consommés pour la production de chaux en Tunisie, sont les mêmes que ceux précisés pour la production de clinker ; plus précisément :

- 0,43971 tonnes CO₂/tonne de CaCO₃.
- 0,52197 tonnes CO₂/tonne de MgCO₃.
- 0,37987 tonnes CO₂/tonne de FeCO₃.

Verre (2A3)

Pour l'estimation des émissions provenant de la production des verres plats, et en l'absence de données provenant des entreprises productrices, le compilateur de l'inventaire peut recourir au facteur d'émissions par défaut du GIEC 2006 fixé à 0,2 tonnes de CO₂/tonne de verre.

Pour l'estimation des émissions provenant de la production des verres creux, les facteurs d'émissions des carbonates fixés par le GIEC 2006 peuvent aussi être utilisés (Tableau 2.1, chapitre 2, volume 3).

- 0,43971 tonnes CO₂/tonne de CaCO₃.
- 0,47732 tonnes CO₂/tonne de CaMg (CO₃)₂
- 0,41492 tonnes CO₂/tonne de le Na₂CO₃.

Autre utilisation de carbonates (2A4)

L'estimation des émissions provenant de la production des briques et d'articles en céramique a requis le recours aux facteurs d'émissions des carbonates fixés dans le tableau 2.1 du chapitre 2 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006 ; soit :

- 0,43971 tonnes CO₂/tonne de CaCO₃.
- 0,52197 tonnes CO₂/tonne de MgCO₃.
- 0,41492 tonnes CO₂/tonne de Na₂CO₃.
- 0,15091 tonnes CO₂/tonne de Fe₂(CO₃)₃.
- 0,31843 tonnes CO₂/tonne de K₂CO₃.

Les calculs des émissions pour ces deux branches ont permis de déduire un facteur d'émission agrégé pour chacune :

- Pour la production des briques : un facteur d'émission agrégé de l'ordre de 0,0966 tonne de CO₂/tonne de brique,
- Pour la production d'articles en céramique : un facteur d'émission moyen de l'ordre de 0,083 tonne de CO₂/tonne de céramique.

Ces facteurs moyens peuvent éventuellement être reconduits dans les futures opérations d'inventaire en cas d'indisponibilité de données détaillées par usine.

1.5. Incertitudes :

Les incertitudes du calcul des émissions issues de la décarbonatation sont relativement faibles. Les incertitudes proviennent essentiellement des mesures de teneurs en carbonate réalisées sur les matières premières et de la supposition que l'intégralité des poussières est recyclée et calcinée.

L'approche de détermination et d'estimation des incertitudes est présentée dans le volume 6 du présent guide.

1.6. Contrôle et assurance qualité (QA/QC) :

Les dispositions générales décrites dans le chapitre II du volume introductif sont appliquées.

Des dispositions particulières sont aussi mises en œuvre :

- Vérification des données fournies par les exploitants via les questionnaires, en comparant ces données :
- avec les données par défaut des lignes directrices 2006 ;
- entre exploitants ;
- avec les données fournies par ces mêmes installations pour les années antérieures.

1.7. Améliorations envisagées :

Il est recommandé de pérenniser ou mettre en place un système d'échange de données basé sur un partenariat entre l'ANME et les industriels permettant de recueillir systématiquement les données d'activités nécessaires pour les calculs d'inventaire auprès des exploitants. Les canevas existants seront pérennisés et mis à jour afin de prendre en compte les données nécessaires à la mise en œuvre de méthodes d'inventaire selon les lignes directrices 2006 du GIEC (IPCC 2006).

En ce qui concerne plus spécifiquement la production du verre, des recherches seront faites afin d'obtenir des informations sur les autres productions de verre ainsi que sur la proportion de calcins par type de verre (recyclage). Ces améliorations pourront se faire par des contacts directs avec les producteurs.

Pour les autres usages de carbonates, un effort particulier pourra être mené sur le secteur de la production de briques dont les émissions sont loin d'être négligeables. Il s'agira alors, si possible, d'essayer d'affiner la composition des matières premières consommées, notamment en se rapprochant des producteurs les plus importants au niveau national.

2. Industries chimiques (CRF 2B)

2.1. Caractéristiques de la catégorie

Seules les activités de production d'acide nitrique (2B2) et d'acide sulfurique (2B10) sont présentes en Tunisie : un unique groupe produit la totalité de l'acide nitrique (1 site) et de l'acide sulfurique (plusieurs sites). Cette dernière production est issue de 2 types de procédés : simple absorption et double absorption.

2.2. Méthode d'estimation des émissions

Production d'acide nitrique (2B2)

La production d'acide nitrique est à l'origine d'émissions d'acide nitreux N_2O (GES direct) ainsi que d'oxyde d'azote NO_x (GES indirect).

Conformément aux lignes directrices du GIEC 2006, l'estimation des émissions de N_2O est effectuée en appliquant une méthodologie de tier 3 présentée dans l'équation 3.6 du chapitre 3 du volume 3 du guide. Ce niveau d'estimation s'appuie sur des données de mesures réelles.

$$E_{N_2O} = \sum_{ij} [EF_i * NAP_i * (1 - DF_j * ASUF_j)]$$

Avec

E_{N_2O} = Emissions de N_2O , tonne,

EF_i = facteur d'émission de N_2O pour le type de technologie i, tonne N_2O /tonne d'acide nitrique produit,

NAP_i = production d'acide nitrique du type de technologie i, tonnes,

DF_j = facteur de destruction pour le type de technologie de diminution j, fraction,

$ASUF_j$ = facteur d'utilisation du système de réduction des émissions (ex. catalyseur) pour le type de technologie de réduction j, fraction.

Les émissions de NO_x ont été estimées en s'appuyant sur la méthodologie de tier 3 développée dans le chapitre 2.A de la partie du guide EMEP/EEA 2013 relatif aux industries minérales.

$$E_{NO_x} = P_{HNO_3} * FE_{NO_x}$$

Avec

E_{NO_x} = émissions de NO_x , tonne,

P_{HNO_3} = production d'acide nitrique, tonne,

FE_{NO_x} = facteur d'émission de NO_x , tonne de NO_x /tonne d'acide nitrique.

Autres (2B10)**Production d'acide sulfurique**

La production d'acide sulfurique est à l'origine d'émissions d'oxydes de soufre. Les émissions de SO₂ sont estimées conformément à la méthodologie de tier 3 décrite dans le chapitre 2.A du guide EMEP/EEA 2013 relatif aux industries minérales.

$$E_{SO_2} = P_{H_2SO_4} * FE_{SO_2}$$

Avec :

E_{SO_2} = émissions de SO₂, tonne,

$P_{H_2SO_4}$ = production d'acide sulfurique, tonne,

FE_{SO_2} = facteur d'émission de SO₂, tonne de SO₂/tonne d'acide sulfurique.

2.3. Données d'activités :**Production d'acide nitrique (2B2)**

Les données sur la production d'acide nitrique doivent provenir du seul groupe industriel produisant cette substance.

Autres (2B10)

La production d'acide sulfurique est également fournie par l'unique groupe présent en Tunisie pour les 2 types de procédés.

2.4. Facteurs d'émission :**Production d'acide nitrique (2B2)**

Egalement, l'unique groupe producteur d'acide nitrique fournit les facteurs d'émissions pour le N₂O et le NO_x qui sont issus de mesures directes.

Autres (2B10)

Le facteur d'émission de SO₂ est mesuré par le groupe et est fourni pour la compilation de l'inventaire de GES.

2.5. Incertitudes

Pour le calcul des émissions de N₂O provenant de la production d'acide nitrique, les incertitudes sont relativement faibles dans la mesure où les données d'activité et le facteur d'émission sont fournis par le groupe producteur.

L'approche de détermination et d'estimation des incertitudes est présentée dans le volume 6 du présent guide.

2.6. Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le chapitre II du volume introductif sont appliquées.

Des dispositions particulières sont aussi mises en œuvre :

- ☐ Vérification des données fournies par le producteur via le questionnaire, en comparant ces données :
 - avec les données par défaut des lignes directrices 2006 et du guide EMEP/EEA ; avec les données fournies pour les années antérieures.

2.7. Améliorations envisagées

Pour ce secteur, les émissions sont obtenues directement des sites de production et sont estimées, en principe, par mesurage. Il s'agira donc uniquement d'assurer la disponibilité des données lors des mises à jour de l'inventaire. Aucune amélioration particulière n'est envisagée.

3. Industries métalliques (CRF 2C) :

3.1. Caractéristiques de la catégorie :

Cette branche industrielle n'est représentée en Tunisie que par la sidérurgie (2C1 - Procédés de la sidérurgie, de la transformation de l'acier et des cokeries). Il existe un site sidérurgique unique en activité en Tunisie : « El Fouledh » basé à Menzel Bourguiba. Ce site produit de l'acier à partir d'un four à arc électrique. Les émissions de CO₂ proviennent du carbone contenu dans les matières premières (coke, ferraille) et les électrodes de graphite. Egalement, des émissions de GES indirects (NO_x, CO, COVNM et SO₂) sont engendrées par la production sidérurgique.

3.2. Méthode d'estimation des émissions :

Procédés de la sidérurgie, de la transformation de l'acier et des cokeries (2C1)

Le GIEC recommande dans les lignes directrices de 2006 de déterminer les émissions de CO₂ à partir des quantités de carbones contenus dans les matières premières, dans les électrodes et dans le produit final.

La méthodologie de niveau 2 est basée sur des données nationales de consommation auxquelles sont appliqués des contenus en carbone par défaut. La méthodologie de niveau 3 nécessite la connaissance des contenus en carbone des matières spécifiquement utilisées sur le site. Ces données spécifiques n'étant pas toutes disponibles, la méthodologie mise en œuvre est un mix niveau 2 / niveau 3.

Les émissions de CO₂ sont donc calculées sur la base de l'équation suivante.

$$\begin{aligned}
 E_{\text{CO}_2, \text{non énergétique}} &= [PC * C_{PC} \\
 &+ \sum_a (COB_a * C_a) + CI * C_{CI} + L * C_L + D * C_D + CE * C_{CE} \\
 &+ \sum_b (O_b * C_b) + COG * C_{COG} - S * C_S - IP * C_{IP} - BG * C_{BG}] * 44/12
 \end{aligned}$$

Avec :

$E_{\text{CO}_2, \text{non énergétique}}$ = émissions de CO₂, tonnes,

PC = quantité de coke consommée dans la production sidérurgique, tonnes,

COBa = quantité de produit secondaire de coke a sur site consommée en haut fourneau, tonnes,

CI = quantité de charbon directement injectée dans le haut fourneau, tonnes,
 L = quantité de pierre à chaux consommée dans la production sidérurgique, tonnes,
 L = quantité de dolomite consommée dans la production sidérurgique, tonnes,
 CE = quantité d'électrodes de charbon consommée dans des fours électriques à arc, tonnes,
 Ob = quantité d'autres matériaux carbonés et de procédés b consommée dans la production sidérurgique, telle qu'aggloméré ou déchets plastiques, tonnes,
 COG = quantité de gaz de four à coke consommée en haut fourneau de production sidérurgique, m³,
 S = quantité d'acier produite, tonnes,
 IP = quantité de fer produite non convertie en acier, tonnes,
 BG = quantité de gaz de haut fourneau transférée hors site, m³,
 Cx = contenu en carbone d'entrée ou de sortie du matériau x, tonnes de C/(unité pour matériau x).

L'estimation des émissions de GES indirects (NO_x, CO, COVNM et SO₂) a été effectuée en appliquant la méthodologie de tier 2 donnée par le chapitre 2.C.1 du guide EMEP/EEA 2013.

$$E_{\text{GES_indirect}} = P_{\text{sidérurgique}} * FE_{\text{GES_indirect}}$$

Avec :

EGES_indirect = émissions du GES indirect i, tonne,

Psidérurgique = production sidérurgique, tonne,

FEpolluant = facteur d'émission du GES indirect i, tonne de GES/tonne de production sidérurgique.

3.3. DONNEES D'ACTIVITE

La consommation de matières premières (coke et ferraille), la consommation d'électrodes ainsi que la production d'acier sont fournies par la compagnie « El Fouledh ».

3.4. FACTEURS D'EMISSION

Pour l'estimation des émissions de CO₂, les facteurs d'émissions spécifiques au coke, électrode et ferraille pour la production sidérurgique et de coke sont extraits à partir de leurs contenus carboniques par défaut, figurant dans le tableau 4.3 du chapitre 4 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006 relatif aux industries métalliques. Le facteur d'émission spécifique à l'acier produit tient compte de son contenu carbonique fourni par le site de production.

Les émissions de gaz à effet de serre indirects sont déterminées à partir des facteurs d'émission de niveau 2 proposés dans le chapitre 2.C.1 du guide EMEP/EEA 2013

3.5. INCERTITUDES

Une incertitude relativement faible est considérée pour les données d'activité dans la mesure où elles sont fournies directement par la seule usine de production sidérurgique en Tunisie. Pour les facteurs d'émissions, les préconisations en termes d'incertitudes des lignes directrices du GIEC 2006 leur sont appliquées.

L'approche de détermination et d'estimation des incertitudes est présentée dans le volume 6 du présent guide.

3.6. Contrôle et assurance qualité (qa/qc)

Les dispositions générales décrites dans le chapitre II du volume introductif sont appliquées.

Des dispositions particulières sont aussi mises en œuvre :

- ☐ Vérification des données fournies par le producteur via le questionnaire, en comparant ces données :
 - avec les données par défaut des lignes directrices 2006 et du guide EMEP/EEA ;
 - avec les données fournies pour les années antérieures.

3.7. Améliorations envisagées

Il est prévu de mettre en place un système d'échange de données basé sur un partenariat entre l'ANME et le site concerné, en affinant le canevas afin d'obtenir les informations nécessaires à la mise en œuvre de l'inventaire. Les données seront vérifiées avec le site afin de valider la méthodologie mise en œuvre et les émissions ainsi estimées.

4. Produits non énergétiques provenant des combustibles et de l'utilisation de solvants (CRF 2D)

4.1. Caractéristiques de la catégorie

Cette catégorie correspond aux usages de combustibles fossiles comme produits pour des besoins primaires autres que i) combustion pour des besoins énergétiques et ii) utilisation en tant qu'intermédiaire ou agent réducteur.¹

Les produits traités ici comprennent les lubrifiants, cires de paraffine, bitume/asphalte et solvants. Les émissions provenant d'usages ultérieurs ou de la destruction de produits après le premier usage (par ex. la combustion d'huiles résiduelles telles que des lubrifiants usagés) sont estimées et rapportées dans le secteur « déchets » lorsqu'ils sont incinérés ou dans le secteur « Énergie » en cas de récupération à des fins énergétiques.

Les émissions applicables pour ce secteur sont définies, comme préconisé par le GIEC 2006 comme suit :

Tableau 5.1 (IPCC) - Les utilisations de produits non-énergétiques et d'autres produits chimiques

Types de combustibles utilisés	Exemples d'utilisations non énergétiques	Gaz traités dans ce chapitre	
		CO ₂	COVNM, CO
Lubrifiants	Lubrifiants utilisés dans le transport et l'industrie (Section 5.2)	X	
Cires de paraffine	Bougies, boîtes de carton ondulé, couchage de papier, adhésifs, production alimentaire, emballage (Section 5.3)	X	
Bitume, huiles pour routes et autres diluants issus du pétrole	Utilisés dans la production d'asphalte pour le pavement des routes et, par exemple, pour les toits (Section 5.4)		X
White Spirit, Kérosène, Autres composés benzéniques	Comme solvant, par exemple pour les peintures, nettoyage à sec, etc.		X

¹Les émissions issues des usages en tant qu'intermédiaire ou agent réducteur sont comptabilisées respectivement dans « industries chimiques » et « Industries du métal ».

4.2. Méthode d'estimation des émissions

Usage de lubrifiants (2D1)

L'estimation des émissions de CO₂ issues de l'utilisation des lubrifiants est faite en adoptant une méthodologie de tier 1 développée dans le chapitre 5 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006 relatif à l'utilisation non énergétique provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants.

$$\text{Emissions CO}_2 = LC * CC_{\text{Lubrifiant}} * OPU_{\text{Lubrifiant}} * 44/12$$

Avec :

CO₂ Emissions = émissions de CO₂ issues de lubrifiants, tonne de CO₂,

LC=consommation totale de lubrifiants, TJ,

CC_{Lubrifiant} = contenu en carbone des lubrifiants (par défaut), tonne C/TJ (=kg C/GJ),

OPU_{Lubrifiant} = facteur OPU (basé sur une composition par défaut en huile et graisse), fraction 44/12 = rapport massique de CO₂/C.

Usage de cires de paraffine (2D2)

L'estimation des émissions de CO₂ issues de l'utilisation de cires de paraffine est faite sur la base de l'approche tier 1 développée dans le chapitre 5 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006 relatif à l'utilisation non énergétique provenant de combustibles et de l'utilisation de solvants.

$$\text{Emissions CO}_2 = PW * CC_{\text{Cire}} * OPU_{\text{Cire}} * 44/12$$

Avec :

Emissions CO₂ = Emissions de CO₂ de cires, tonnes de CO₂ ;

PW = Consommation de cire totale, TJ ;

CCCire = Contenu carbonique de la cire de paraffine (par défaut), tonnes C/TJ;

OPUCire = Facteur OPU pour la cire de paraffine, fraction ;

44/12 = Rapport massique CO₂/C.

Usage de solvants (2D3)

Faute de données quant aux usages spécifiques des solvants, et conformément aux recommandations du guide EMEP/EEA 2009, il est estimé que l'ensemble des solvants consommés est émis sous forme de COVNM. Les COVNM étant oxydés en CO₂ à plus long terme, ils sont à l'origine d'émissions de CO₂ indirect qui sont estimées sur la base d'un contenu en carbone moyen des solvants de 85%.

Autres usages - bitumes (2D4)

Les bitumes sont généralement utilisés à la fois pour l'asphaltage des routes et pour l'étanchéisation des toitures. L'estimation des émissions de COVNM et de CO issues de ces utilisations s'appuie sur la méthodologie tier 1 fournie par le guide EMEP/EEA.

$$E_{\text{GES_indirect}} = Q_{\text{bitume}} * FE_{\text{GES_indirect}}$$

Avec :

EGES_indirect= émissions du GES indirect i, tonne,

Qbitume = quantité de bitume utilisée, tonne,

FEGES_indirect = facteur d'émission du GES indirect i, tonne de GES/tonne de bitume utilisé.

4.3. Données d'activité :

Usage de lubrifiants (2D1)

La Direction Générale de l'Energie (DGE) et la Société Tunisienne de Lubrifiants (SOTULUB) fournissent les quantités, respectives, de lubrifiant et de graisses utilisées. A titre illustratif, le tableau suivant présente les données utilisées pour l'inventaire 2010.

Données 2010	tonnes
Huiles consommées	38 259
Graisses consommées	1 630

Usage de cires de paraffine (2D2)

Etant donné que la Tunisie est un pays importateur de cires de paraffine, les quantités utilisées sont établies sur la base des statistiques du commerce extérieur publiées annuellement par l'Institut National des Statistiques (INS). A titre illustratif, le tableau suivant présente les données utilisées pour l'inventaire 2010.

Données 2010	tonnes
Cires de paraffine consommées	3 518

Usage de solvants (2D3)

La Tunisie est un pays importateur de solvants. Les quantités utilisées sont établies sur la base des statistiques du commerce extérieur, en sélectionnant les substances détenant un code douanier commençant par 29 dans la nomenclature de produits (NDP), et considérées comme solvants.² A titre illustratif, 54 produits solvants avaient été importés par la Tunisie en 2010.

Etant donné l'approche de calcul des émissions, qui considère que l'ensemble des quantités de solvants consommés sont émises sous forme de COVNM, ces quantités de solvants sont additionnées indistinctement. A titre illustratifs, les importations de produits solvants en 2010, exprimés en tonnes, donnent un chiffre agrégé d'environ 25.000 tonnes. Le détail des importations par produit en 2010, exprimées en kg, se sont présentées comme suit :

² La liste des substances de solvants a été considérée sur la base de la liste établie lors du premier exercice d'inventaire réalisé en 1999, ainsi que sur les listes mises à jour de l'EMEP CORINAIR.

Importation des solvants en Kg		2010
1	Chloromethane (chlorure de méthyle)	29
2	Dichloromethane (chlorure de méthylène)	830 076
3	Chloroforme (trichloromethane)	5 348
4	Trichloroethylene	51 988
5	Tetrachloroethylene (perchloroethylene)	646 142
6	Chlorobenzène o-dichlorobenzene et p-dichlorobenzene	141 000
7	Méthanol (alcool méthylique)	596 667
8	Propane-1-ol(alcool propylique)	11 817
9	Propane-2-ol(alcool isopropylique)	1 112 789
10	Butane-1-ol(alcool n-butylique)	28 323
11	Autres butanols	55 251
12	Dodecane-1-ol(alcool l'aurique)hexadecane-1-ol(alcool cetylique)et octadecane-1-ol(alcool stearique)	90 672
13	Ethylene glycol(propane-1, 2-diol)	348 515
14	Propylène glycol(propane-1, 2-diol)	543 566
15	2-ethyl-2-(hydroxymethyl)propane-1, 3-diol(triméthylolpropane)	3 000
16	Pentaerythritol (pentaerythrite)	1 480 006
17	Glycerol	848 165
18	Alcool benzénique aromatique	10 096
19	Autres alcools aromatique	11 740
20	Phénol(hydroxybenzene) et ses sels	150
21	Crésols et leurs sel	1 903
22	Octylphenol nonylphenol et leurs isomeres sels de ces produits	10 388
23	Resorcinol et ses sels	32 066
24	4, 4 isopropylidenediphenol (bisphenol a, diphenylolpropane) et ses sel	214 509
25	Autres polyphenol	1 531
26	Ether diéthylénique(oxyde de diethyle)	19 771
27	Autres éthers aromatiques et leurs dérivés halogènes sulfones nitres ou nitrosés	3 607
28	2, 2'-oxydiethanaol (diethylene glycol)	114 207
29	Ethers monobutyliques de l'ethylene-glycol ou du diethylene-glycol	412 382
30	Autres éthers monoalkyliques de l'ethylene-glycol ou du diethylene-glycol	1 004 776
31	2-(2-chloroethoxy) éthanol	217 141
32	Oxiranne (oxyde d'éthylène)	13 871
33	Ethanal(acetaldehyde)	104
34	Autres aldehydes cycliques ne contenant pas d'autres fonctions oxygenees	12 476
35	Vanilline(aldéhyde methylprotocatechique)	55 027
36	Ethylvanilline(aldehyde ethylprotocatechique)	3 675
37	Paraformaldethyde	753 008
38	Acetone	1 235 665
39	Butanone(methylethylcetone)	913 109
40	Autres cétones acycliques ne contenant pas d'autres fonctions oxygénées	450
41	Cyclohexanone et methylcyclohexanones	81 715
42	Lonones et methylionones	1 365
43	Autres cetones cyclaniques, cycléniques ou cyclotepéniques ne contenant pas d'autres fonctions oxygénées	825
44	4-hydroxy-4-methylpentane-2-one (diacetone alcool)	4 641
45	Cetones-phenols et cetones contenant d'autres fonctions oxygénées	1 382
46	Acétate d'éthyle	2 034 199
47	Acétate de vinyle	9 258 706
48	Acétate de n-butyle	971 753
49	Solvants et diluants organiques composites, non dénommés ni compris ailleurs, à base d'acétate de butyle	160 712
50	Préparations conçues pour enlever les peintures ou les vernis à base d'acétate de butyle	31 762
51	Autres solvants et diluants organiques composites, non dénommés ni compris ailleurs	1 178 628
52	Autres préparations conçues pour enlever les peintures ou les vernis	304 760
53	Méthylène	210
54	Dechets de solvants organiques halogenes*	190
Total		25 865 854

Autres usages - bitumes (2D4)

Les quantités de bitume utilisées sont fournies respectivement par la direction générale de l'Énergie (bitume pour les routes) et par le Centre d'Essais et des Techniques de Construction (CETEC) pour l'asphalte utilisé pour les toitures.

Le tableau suivant présente, à titre illustratif, les données qui avaient été collectées dans le cadre de la préparation de l'inventaire de l'année 2010.

Données 2010	Tonnes
Consommation d'asphalte routier	151 585
Consommation d'asphalte toiture	5 837

4.4. Facteurs et paramètres d'émission

Usage de lubrifiants (2D1)

Le contenu en carbone de lubrifiants et de graisses est exprimé en t-C/Terajoule : 20 t-C/Tj. Ce facteur est extrait du chapitre 1 du volume 2 des lignes directrices du GIEC 2006. Pour calculer le contenu en carbone de la consommation de lubrifiant, on doit préalablement convertir cette consommation de la tonne au Tj, qui se fait sur la base de 40,2 TJ/Gg d'après le chapitre 1 du volume 2 des lignes directrices du GIEC 2006.

Les facteurs représentant la part de carbone qui est oxydé pendant l'usage (OPU) pour les lubrifiants et les graisses sont obtenus du tableau 5.2 du chapitre 5 du volume 2 des lignes directrices du GIEC 2006. Pour les lubrifiants, le facteur OPU est de l'ordre 0,2 contre 0,05 pour les graisses.

Usage de cires de paraffine (2D2)

Comme pour les lubrifiants et graisses, le contenu en carbone des cires de paraffine est exprimé en t-C/Terajoule : 20 t-C/Tj. Ce facteur a été aussi tiré du chapitre 1 du volume 2 des lignes directrices du GIEC 2006. Pour calculer le contenu en carbone de la consommation de cires de paraffine, on doit préalablement convertir cette consommation de la tonne au Tj, qui se fait aussi sur la base de 40,2 TJ/Gg.

Le facteur représentant la part de qui est oxydé pendant l'usage (OPU) pour les cires de paraffine est tiré du chapitre 5 du volume 2 des lignes directrices du GIEC 2006 et est fixé à 0,2.

Usage de solvants (2D3)

Comme on considère que l'ensemble des quantités de solvants consommés sont émises sous forme de COVNM, le facteur d'émission utilisé, ici, est, par conséquent de l'ordre de 1 kg COVNM/kg de solvant.

Autres usages - bitumes (2D4)

Les facteurs d'émissions de CO et de COVNM ont été tirés des chapitres 2.A.5 et 2.A.6 du guide EMEP/EEA 2009 relatifs à l'estimation des émissions de polluants provenant de l'utilisation du bitume pour les routes ainsi que les toitures.

4.5. Incertitudes :

Pour l'estimation des émissions de CO₂ provenant de l'utilisation des lubrifiants et de cires de paraffine, une incertitude relativement élevée est à considérer dans la mesure où on ne dispose pas des données d'activité exhaustives sur les types d'usage de ces produits. Comme les facteurs d'émission par défaut du GIEC ont été utilisés, les préconisations du GIEC 2006 en termes d'incertitudes sont à appliquer ici (cf. volume 6 du présent guide).⁷

4.6. Contrôle et assurance qualité (QA/QC) :

Les dispositions générales décrites dans le chapitre II du volume introductif sont appliquées.

Plus particulièrement, on assurera la vérification des données fournies par différents fournisseurs de données afin de confirmer les ordres de grandeurs.

4.7. Améliorations envisagées :

Compte tenu de la faiblesse des émissions, seule la distinction des usages huiles deux temps / autres usages serait éventuellement pertinente.

5. Industries électroniques (CRF 2E) :

5.1. Caractéristiques de la catégorie :

Plusieurs procédés de fabrication d'appareils électroniques avancés utilisent des composés fluorés (FC) pour des modèles complexes de gravure par plasma, le nettoyage du réacteur des chambres et le contrôle de la température.

Selon la nomenclature du GIEC 2006, ces procédés se retrouvent dans les activités suivantes : Fabrication de semi-conducteurs (2E1), Fabrication d'écrans plats TCM (2F2), Fabrication de panneaux photovoltaïques (2F3), Fluides de transferts de chaleur (2F4), Autres (2F5).

A température ambiante, l'industrie électronique émet aussi bien des FC gazeux que des FC liquides. Les gaz incluent le CF₄, le C₂F₆, le C₃F₈, le c-C₄F₈, le c-C₄F₈O, le C₄F₆, le C₅F₈, le CHF₃, le CH₂F₂, le trifluorure d'azote (NF₃), l'hexafluorure de soufre (SF₆) et sont utilisés lors de deux étapes importantes de la fabrication d'appareils électroniques : (i) la gravure par plasma de matériaux à base de silicium et (ii) le nettoyage de dépôts chimiques en phase vapeur (CVD) des parois de la chambre où du silicium s'est déposé.

Les fabricants d'appareils électroniques utilisent du FC pour contrôler la température pendant certains procédés. Également utilisés comme fluides de transfert de chaleur, ces FC sont liquides à température ambiante et ont des tensions de vapeur pressions élevées. Les pertes liées à l'évaporation contribuent à la quantité totale d'émissions de FC. Ces pertes d'évaporation se produisent pendant le refroidissement de certains équipements de procédés, pendant le test de dispositifs complets semi-conducteurs et pendant la soudure à refusions en phase vapeur des composants électroniques aux cartes de circuits imprimés.

La majorité des émissions de FC résulte des rendements d'utilisation aux limites (par ex., consommation) des précurseurs de FC pendant le processus de gravure ou de nettoyage. De plus, une fraction des composés fluorés utilisés durant le processus de production peut être convertie en produits dérivés CF₄ et dans certains cas en C₂F₆, CHF₃ et C₃F₈. Une formation de CF₄ comme produit dérivé de gravure ou de nettoyage de matériaux (ou carbure) à faible constante diélectrique contenant du carbone (k faible) intervient également, et doit donc être prise en compte.

D'après des recherches préliminaires, aucune de ces activités n'existe en Tunisie. Les inventaires 2010, 2011 et 2012 n'incluent donc aucune de ces activités. Toutefois, un recensement plus exhaustif pourrait révéler quelques unités industrielles opérant dans le secteur électronique et utilisant des FC.

Dans tous les cas, les quantités de CF éventuellement utilisées seraient incluses dans les statistiques d'importation couvertes dans les usages suivants, sans que les substances utilisées puissent être affectées à l'une ou l'autre des activités précitées.

5.2. Améliorations envisagées :

Lors des prochaines opérations d'inventaire, il est recommandé de faire un recensement exhaustif des activités électroniques utilisant les substances précitées, et de les enquêter, au moyen d'un questionnaire ad-hoc. Il s'agira certainement d'un nombre très limité d'unités industrielles, et cette opération de recensement et d'enquête ne devrait pas poser de problèmes majeurs. Le bureau de l'ozone (ANPE) pourrait probablement aider à orienter les recherches dans ce sens.

6. Consommations de substituts fluorés de substances appauvrissant la couche d'ozone (CRF 2F)

6.1. Caractéristiques de la catégorie

Des hydrofluorocarbures (HFC) et à un degré beaucoup plus limité, des hydrocarbures perfluorés (PFC), servent d'alternatives aux substances appauvrissant l'ozone (SAO) dans le cadre de l'élimination des SAO, conformément au Protocole de Montréal. Les domaines des HFC et PFC incluent :

- la réfrigération et la climatisation (2F1);
- les mousses injectées (2F2) ;
- les extincteurs et équipements de protection contre les explosions (2F3);
- les aérosols (2F4);
- les solvants (2F5);
- d'autres applications (2F6).

Du fait de la non disponibilité des informations imputant les consommations de ces substances aux différentes applications précitées, tous les HFC consommés en Tunisie sont considérés utilisés dans le secteur de la production de froid « climatisation et réfrigération ».

Des enquêtes pourraient être menées dans le futur, dans le but d'avoir une répartition des usages de ces substances qui reflète mieux la réalité tunisienne.

6.2. Méthode d'estimation des émissions :

Air conditionné et réfrigération (2F1)

Le calcul des émissions de GES provenant de cette catégorie source est effectué à l'aide de la méthodologie s'appuyant sur une approche par facteur d'émission au niveau de l'application. Cette méthodologie est détaillée dans le chapitre 7 du volume 3 des lignes directrices du GIEC 2006.

$$\text{Emissions annuelles} = \text{consommation nette} * \text{FE composé}$$

Avec :

Consommation nette = consommation nette pour l'application,

FE composé = facteur d'émission combiné, calculé en pondérant la part de chaque sous-application.

6.3. Données d'activité :

La Tunisie ne possédant pas de site de production, il est considéré que la consommation nette correspond aux importations. Les importations par fluide sont disponibles via les statistiques du commerce extérieur qui distinguent les produits selon leurs appellations commerciales : R404 (mélange de 3 HFCs), R134a et un mélange de HFC/PFC dont la composition n'est pas identifiée (le PRG est donc estimé sur la moyenne des HFC susceptibles d'être consommés dans cette application).

Lorsqu'il s'agit de substances composées (ex. R404), la répartition entre les différentes substances est appliquée sur la base du guide du GIEC 2006. Le tableau 7.8 du volume 3, chapitre 7 du guide suggère les répartitions suivantes.

	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a
R404	44%	4%	52%

A titre illustratif, en appliquant les préconisations du GIEC aux données de l'année 2010, les répartitions suivantes des importations ont donc pu être compilées, faisant apparaître les données d'activité auxquelles on devra appliquer les facteurs d'émissions correspondants.

Données 2010	Tonnes
HFC-125	13,3
HFC-134	184,2
HFC-143a	15,7
Autres non spécifiés	8,9

Facteurs et paramètres d'émission

Pour l'estimation des émissions de GES provenant de cette catégorie, on se base sur les coefficients d'émission reflétant les taux de fuite de substances correspondants, tels que recommandés par le GIEC. L'application des PRG du GIEC permet ensuite de calculer les émissions.

Préconisations du GIEC	Taux de fuites	PRG
HFC-125	0,58	3 500
HFC-134	0,59	1 430
HFC-143a	0,46	4 470
Autres non spécifiés	0,54	4 840

6.4. Incertitudes :

Pour l'estimation des émissions de GES provenant de cette catégorie, une incertitude élevée est attribuée aux données d'activité dans la mesure où les calculs s'appuient sur une hypothèse stipulant que les substituts fluorés utilisés en Tunisie sont exclusivement consommés pour le conditionnement de l'air et la réfrigération. Cette hypothèse devra être révisée dès que de meilleures estimations des clés de répartition de ces substances selon les usages seront disponibles.

L'approche de détermination et d'estimation des incertitudes est présentée dans le volume 6 du présent guide.

6.5. Contrôle et assurance qualité (QA/QC)

Les dispositions générales décrites dans le chapitre II du volume introductif sont appliquées.

6.6. Améliorations envisagées

Il est recommandé d'affiner la connaissance des consommations et usages des substances précitées en vue de mieux préciser à la fois les émissions induites et le rapportage de ces émissions. Des contacts avec les importateurs, distributeurs et industriels concernés devront être entrepris en ce sens lors de la réalisation des prochaines opérations d'inventaire.

7. Consommations de SF₆ et de perfluorocarbures-PFC (CRF 2G)

7.1. Caractéristiques de la catégorie

Cette catégorie couvre les émissions d'hexafluorure de soufre (SF₆) et de perfluorocarbures (PFC) issues de la fabrication et de l'utilisation d'équipements électriques et de nombreux autres produits. Elle également inclure des émissions d'oxyde nitreux (N₂O) issues de plusieurs produits. Dans la plupart de ces applications, du SF₆, PFC ou N₂O est délibérément incorporé dans le produit pour exploiter une ou plus des propriétés physiques du produit chimique, telle que la force diélectrique élevée du SF₆, la stabilité des PFC et l'effet anesthésique du N₂O. Les applications traitées ici ont cependant une large variété de profils d'émissions, passant de l'immédiate et inévitable libération de tous les produits chimiques (par ex. utilisation de PFC comme traceur atmosphérique), à une libération retardée issue de produits à faibles fuites après 40 ans d'utilisation (par ex. fabrication et utilisation d'équipement électrique hermétique sous pression).

Cette catégorie couvre donc normalement les activités suivantes : Equipements électriques (2G1), Consommation de SF₆ et PFC pour d'autres usages (2G2), Consommation de N₂O pour d'autres usages (2G3), et Autres (2G4).

Compte tenu de l'inexistence de systèmes statistiques recensant ces usages en Tunisie, seuls les usages de SF₆ dans les équipements électriques ont été identifiés et doivent être considérés (2G1) pour les opérations d'inventaire.

7.2. Méthode d'estimation des émissions :

Equipements électriques (2G1)

La totalité des consommations annuelles de SF₆ sont supposées correspondre aux émissions.

7.3. Incertitudes :

Les incertitudes se rapportent à l'effectivité (ou non) des consommations annuelles de SF₆, ainsi qu'au rythme présumé des pertes, et donc émissions dans l'atmosphère.

L'approche de détermination et d'estimation des incertitudes est présentée dans le volume 6 du présent guide.

7.4. Contrôle et assurance qualité (QA/QC) :

Les dispositions générales décrites dans le chapitre II du volume introductif sont appliquées.

7.5. Améliorations envisagées :

En ce qui concerne le secteur 2G1, il sera nécessaire de préciser avec la STEG les quantités annuelles réellement consommées, et les pertes présumées découlant de la consommation de l'année, ainsi que de celles des années précédentes.

Les améliorations pour les autres secteurs consisteront à vérifier si d'autres usages du SF₆ existent en Tunisie.

8. Autre (CRF 2H)

8.1. Caractéristiques de la catégorie

Aucune activité n'est classée sous cette catégorie.

Avec l'appui de :

Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement
Cité administrative, rue de développement, cité El Khadra, 1003 Tunis Tunis
Tél : (+216) 70 243 800 / Fax : (+216) 71 955 360
www.environnement.gov.tn



Programme des nations unies pour le développement (PNUD)
Rue du Lac Windermere Imm le Prestige Tour A, RDC, Les Berges du Lac Tunis
Tél : (+216) 36 011 680 / Fax : (+216) 71 900 668
www.tn.undp.org/