

*Livrable 4.1*

*Méthodologie pour le calcul des  
émissions de GES (CO<sub>2</sub>)*

## Table of Contents

---

1.	Contexte de l'évaluation des émissions de GES (CO <sub>2</sub> ) .....	4
2.	GES (CO <sub>2</sub> ) Fichier de calcul et manuel d'utilisation .....	4
3.	Instructions générales.....	6
4.	IPCC Tier 1 Fichier de calcul .....	8
5.	IPCC Tier 2 Fichier de calcul .....	9
6.	IPCC Tier 3 Fichier de calcul .....	9
7.	Station de broyage ciment.....	11
8.	Gestion des performances.....	11

---

# *Livrable 4.1 - Méthodologie pour le calcul des émissions de GES (CO<sub>2</sub>) en République du Congo*

---

*All figures in this report are either publicly available or estimations from the consultants*

## 1. Contexte de l'évaluation des émissions de GES (CO<sub>2</sub>)

Ce livrable est basé sur les lignes directrices du IPCC (GIEC) pour le calcul des émissions de GES dans la production de ciment (niveaux 1 à 3). Il convient de noter que le IPCC déclare les émissions de CO<sub>2</sub> de l'industrie du ciment dans deux catégories différentes.

- Les émissions de combustibles thermiques sont déclarées sous 1.A.2.f « Énergie » - industries manufacturières et la construction – produits minéraux non métalliques.
- Les émissions du procédé sont déclarées sous 2.A.1. « Procédés industriels et utilisation des produits » – Industrie minérale – Production de ciment. Dans ce chapitre, les 3 formules de niveaux différentes sont expliquées.

Pour élaborer la méthodologie, les références suivantes ont été utilisées :

- Les lignes directrices du GIEC de 2006 pour les inventaires de gaz à effet de serre, chapitre 2 émissions de l'industrie minérale. <sup>1</sup>
- L'amélioration de 2019 des lignes directrices du GIEC de 2006 pour les inventaires de gaz à effet de serre (aucune mise à jour pour l'industrie du ciment n'a été identifiée). <sup>2</sup>

## 2. GES (CO<sub>2</sub>) Fichier de calcul et manuel d'utilisation

Le fichier de calcul sur les gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>), joint en tant que document interactif dans le cadre de ce livrable 4.1 de l'UNIDO, est un outil de travail qui peut être utilisé par les installations de production du secteur du ciment en République du Congo pour les besoins de la déclaration des inventaires annuels de CO<sub>2</sub> au gouvernement et sur la base des méthodologies des niveaux 1, 2 et 3 de l'IPCC.

La méthodologie IPCC niveau 1,2 & 3 prend en compte les émissions de CO<sub>2</sub> générées par les matières premières ainsi que les combustibles thermiques primaires, conformément aux Lignes directrices 2006 IPCC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Pour la République du Congo, il n'y a pas d'émissions associées à la production d'énergie électrique propre, ni aux opérations de granulats et de béton prêt à l'emploi en aval, car aucun des producteurs de ciment n'a de telles opérations intégrées à ses unités commerciales.

Le tableau ci-dessous présente une comparaison entre les méthodes et le champ d'application des niveaux 1, 2 et 3 de l'IPCC et le système européen d'échange de quotas d'émission – Suivi de la déclaration des gaz à effet de serre (EU-ETS-MRG).

---

<sup>1</sup> <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

<sup>2</sup> <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

CO<sub>2</sub> footprint and emission measurement IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories & EU Emission Trading Scheme

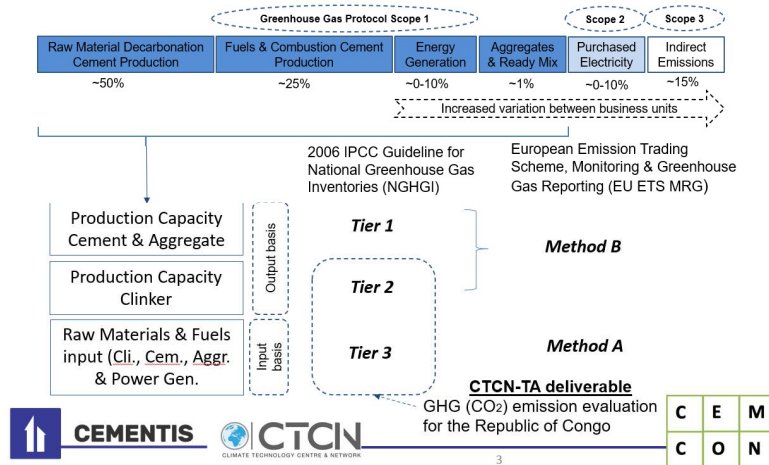


Figure 1 IPCC versus European Emission Trading Scheme – Monitoring and Greenhouse Gas Reporting (EU ETS MRG)

Pour déterminer une valeur d'émission de CO<sub>2</sub> complète pour les cimenteries en tenant compte de tous les facteurs d'émission directs et indirects, une évaluation supplémentaire, en particulier, des facteurs d'émission indirects en amont et en aval est nécessaire. Cette estimation peut être réalisée à l'aide d'outils de travail accessibles au public, tels que le format de calcul des émissions de CO<sub>2</sub> équivalentes de Tier 2 du WBCSD/GCCA, où les facteurs d'émission estimés sont indiqués.

Les méthodes des niveaux 1, 2 et 3 de l'IPCC ne tiennent pas compte des émissions indirectes de CO<sub>2</sub> ni des émissions associées à l'achat d'électricité.

Le fichier de calcul "UNIDO Del 4.1 CO<sub>2</sub> Emission workbook " joint à ce manuel contient les feuilles de calcul suivantes

- **Read Me** – instructions générales pour l'utilisateur
- **Tier 1 IPCC** – Les entrées/sorties des émissions de CO<sub>2</sub> sont structurées comme suit :
  - Section 0 – Informations générales
  - Section 1 - Emissions basée sur la production de ciment
  - Section 2 - Emissions Basées sur la combustion stationnaire de carburant
  - Section 3 – Indicateurs de Performance (Tier1) IPCC (Matériaux et combustion)
  - Section 4 – Exemple de Calcul
- **Tier 2 IPCC** – Les entrées/sorties des émissions de CO<sub>2</sub> sont structurées comme suit :
  - Section 0 – Informations générales

- Section 1 - Emissions basée sur la Production de clinker données (IPCC)
- Section 2 - Emissions Basée sur la combustion stationnaire de carburant
- Section 3 - Indicateurs de Performance (Tier3) IPCC (Matériaux et combustion)
- Section 4 – Exemple de Calcul
- **Tier 3 IPCC** – – Les entrées/sorties des émissions de CO<sub>2</sub> sont structurées comme suit :
  - Section Informations générales
  - Section 1 – Données pour calcul de CO<sub>2</sub> (IPCC) Carbonate seulement
  - Section 2 – Données pour le calcul de CO<sub>2</sub> (IPCC) Information locales (% fixe de carbone dans les combustibles pour combustion stationnaire)
  - Section 3 - Indicateurs de Performance (Tier3) IPCC (Matériaux et combustion)
  - Section 4 – Exemple de calcul
- **Station de broyage ciment** - – Les entrées/sorties des émissions de CO<sub>2</sub> sont structurées comme suit :
  - Section 0 – Informations générales
  - Section 1 & 2 - Données pour calcul de CO<sub>2</sub> calculés
  - Section 3 - - Indicateurs de Performance (Tier3) IPCC (Matériaux et combustion)
  - Section 4 – Données chimiques de base

Le livrable 4.1 de l'UNIDO peut être utilisé pour évaluer les niveaux d'émission annuels de CO<sub>2</sub> pour la République du Congo, en agrégat, sur la base des niveaux de production nominaux (design) des quatre (4) installations de production intégrées et d'une (1) station de broyage de ciment, en tenant compte des méthodologies et des paramètres d'entrée des Tier 1, 2 et 3 de l'IPCC.

Les niveaux d'émission réels seront inférieurs en raison des niveaux d'exploitation inférieurs à la conception de presque toutes les installations de production au cours des années civiles 2021 et 2022. Cette production sous-nominale est le résultat direct de la baisse de la demande du marché.

Group Name	Local Company	Plant	Location	Activity	Operational Status April 2022
Ciments de l'Afrique (CIMAF) (Morocco)	CIMAF Congo	Point- Noire	Hinda	Grinding Station	No Operations (decommissioned)
Dangote Cement Plc (Dangcem)	Dangote Industries Congo S.A.	Mfila	Bouasnsa	Integrated Plant	No Operations (Market stoppage)
Diamond Cement	Diamond Cement	Mindouli	Mindouli	Integrated Plant	No Operations (Bankruptcy)
FORSPAK China International Congo	FORSPAK China International Congo	Dolisie	Dolisie	Integrated Plant	In Operation (no Access / Data)
Société Nouvelle des Ciments du Congo (SONOCC)	Société Nouvelle des Ciments du Congo (SONOCC)	Loutété	Loutété	Integrated Plant	In Operation (no Access / Data)

Figure 2 Installations de production de ciment – Statut Avril 2022

### 3. Instructions générales

Le fichier des émissions de CO2 contient des feuilles de calcul séparées pour l'évaluation des méthodologies de Tier 1, Tier 2, Tier 3 en considérant les Lignes directrices de l'IPCC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, telles qu'elles sont applicables à la République du Congo.

Le fichier n'est pas protégé et est considéré comme un "modèle". Comme il doit être utilisé de manière répétitive, un nouveau (sous) fichier doit être créé pour chaque nouvelle utilisation.

Pour les besoins de l'illustration, des matières premières typiques de la région du Bas Congo<sup>3</sup> et des données typiques sur le charbon sud-africain ont été utilisées pour remplir le fichier avec une capacité d'usine intégrée de 3000tpd -clinker ; les installations de 3000-5000tp étant considérées comme typiques (et standard) avec des données techniques et de performance générales bien connues au niveau mondial.

Les cellules/champs du fichier sont identifiés comme étant des **cellules de saisie** (bleu-gris), des **cellules de sortie/calculées** (vert) ou des **cellules de données importées** (données provenant d'autres cellules, soit entrées, soit calculées). Une légende générale est donnée sur chaque feuille de calcul comme suit.

Data Input	Inputs required for the calculation
Calculated Output	Calculated cells, which cannot be overwritten
<i>Italic cells</i>	Imported data from other cells

Les principales rubriques, par exemple de la section 1 à la section 4, sur chaque feuille de calcul respective sont identifiées par des couleurs en gras et vert clair. Les cellules de la feuille de calcul qui ne sont pas identifiées en couleur ou en italique sont destinées à un usage général : illustration, exemple de données, description, définition des unités, références, etc.

Les "données de saisie" proviennent généralement de l'installation opérationnelle sur la base des opérations réelles sur une période définie (généralement une année civile), par exemple, les tonnes de clinker produites par l'usine pendant une période fixe. Des valeurs par défaut peuvent également être incluses, par exemple, le facteur d'émission par défaut du Tier de l'IPCC pour la combustion stationnaire de 74'100 kg de gaz à effet de serre par TJ sur une base calorifique nette peut être utilisé. <sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Plusieurs installations intégrées de production de ciment en République du Congo (quatre installations) et en République démocratique du Congo voisine (quatre installations) sont situées à moins de 100 km dans le bassin du Bas-Congo et utilisent des matières premières géologiquement similaires.

<sup>4</sup> IPCC, Chapter 2, Stationary Combustion, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Les "chiffres calculés" sont dérivés de facteurs d'entrée, par exemple, les consommations de combustible peuvent être calculées en divisant (kg de combustible X valeur thermique (kcal/kg de combustible) / tonnes de clinker) pour obtenir un chiffre calculé avec kcal/kg de clinker.

Les chiffres "standard" sont tirés d'informations scientifiques connues, par exemple, le poids moléculaire (Mc) du C est de 12,01 kcal/kmol.

L'objectif global de l'utilisation du manuel dans le cadre de ce livrable 4.1 de l'OCDE est de soutenir et d'améliorer continuellement la performance de l'usine en définissant **QUOI** et **COMMENT** mesurer les points (et facteurs) d'émission de CO<sub>2</sub> et de minimiser les émissions annuelles spécifiques et absolues de CO<sub>2</sub> des installations de production respectives. L'utilisation de ce manuel requiert un niveau élevé d'expertise en ingénierie des procédés du ciment.

#### 4. IPCC Tier 1 Fichier de calcul

Les directives et instructions supplémentaires suivantes sont fournies pour l'utilisation de la feuille de calcul du Tier 1 de l'IPCC :

- 1) Les calculs de CO<sub>2</sub> de niveau 1 incluent le CO<sub>2</sub> provenant de la calcination et de la combustion des matières premières,
- 2) Le pourcentage de CaO est de 65 % dans tous les cas, ce qui est une valeur par défaut définie par le GIEC.
- 3) Une valeur par défaut de 2 % de la poussière de four à ciment est a été prise en compte dans le Tier 1.
- 4) Au Tier 1, la production de ciment est connue ainsi que le facteur ciment / clinker (ou peut être estimé de manière réaliste). Le clinker importé est supposé être nul; les émissions de CO<sub>2</sub> sont considérées dans le pays où le clinker est produit)
- 5) Le CO<sub>2</sub> spécifique par défaut provenant de la calcination est toujours de 0,520 kg CO<sub>2</sub>/t cli<sup>5</sup>.

Lorsqu'ils suivent une méthode de Tier 1, les compilateurs d'inventaires doivent tenir compte des importations et des exportations de clinker. Pour les pays qui sont des importateurs nets de clinker, le fait de ne pas déduire les importations nettes de clinker entraînerait une surestimation des émissions provenant de la production de ciment. Pour les pays qui sont des exportateurs nets de clinker, le fait de ne pas inclure les exportations nettes entraînerait une sous-estimation des émissions des cimenteries. Les sources potentielles de données

<sup>5</sup> Source: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Report. 2006, CHAPTER 2 MINERAL INDUSTRY EMISSIONS, Page 2.11 (Tier 1)

commerciales sont examinées à la section 2.2.1.3. (Lignes directrices 2006 de l'IPCC, page 2.15). Aucune exportation de clinker n'a été considérée pour la République du Congo. L'unique station de broyage de ciment importe 100% du clinker..

## 5. IPCC Tier 2 Fichier de calcul

Les directives et instructions supplémentaires suivantes sont fournies pour l'utilisation de la feuille de travail de Tier 2 de l'IPCC:

- 1) Les calculs de CO<sub>2</sub> du Tier 2 comprennent le CO<sub>2</sub> provenant de la composante calcination et de la composante combustible.
- 2) Le pourcentage de CaO est tiré de la composition réelle connue du clinker dans l'installation de production de ciment,
- 3) Au Tier 2, la production de clinker sur une période définie est connue,
- 4) Définition de la ligne - "Production de clinker". Le clinker importé n'est pas inclus.
- 5) Dans la feuille de calcul de Tier 2, il y a une correction pour la poussière de four à ciment (CKD) rejetée du système (informations spécifiques requises des opérations, couvertes à la fois par les feuilles de calcul de Tier 2 et 3). Normalement, cependant, la plupart des cimenteries du Congo recyclent toute leur poussière de four, donc il n'y a pas normalement de correction. Cependant, la feuille de calcul le permet si nécessaire.
- 6) Le CO<sub>2</sub> spécifique de la calcination varie en fonction du pourcentage de CaO dans le clinker (tel que défini par l'analyse en laboratoire du clinker produit).

## 6. IPCC Tier 3 Fichier de calcul

Les évaluations des émissions de Tier 3 de l'IPCC sont basées sur les teneurs réelles en CO<sub>2</sub> des carbonates présents dans les matières premières et du carbone présent dans les combustibles stationnaires. Une approche de Tier 3 de l'IPCC exige la comptabilisation complète des carbonates et du carbone entrant et sortant du système de process.

Les directives et instructions supplémentaires suivantes sont fournies pour l'utilisation de la feuille de calcul de Tier 3 de l'IPCC sont :

- 1) Les teneurs en CaO et MgO des matières premières sont connues et saisies. La feuille de calcul fournie tient compte de six composants de matières premières : calcaire 1, calcaire 2, argile 1, argile 2, sable correcteur et minerai de fer correcteur pour lesquels il faut saisir le CaO et le MgO. La moyenne annuelle calculée par le laboratoire de l'installation de production doit être utilisée),

- 2) Le pourcentage de chaque composant de la matière première dans le cru est à saisir (moyenne annuelle calculée par le laboratoire de l'installation de production),
- 3) Le carbone organique total dans la farine crue est basé sur les résultats moyens calculés par le laboratoire (par défaut 0,2%),
- 4) La production de clinker, la production de ciment et le clinker utilisé en interne doivent être indiqués (moyenne annuelle basée sur les systèmes de mesure),
- 5) Indiquer les volumes non recyclés de poussière de four à ciment (CKD) et le niveau de calcination (moyenne annuelle basée sur les systèmes de mesure),
- 6) Quantité de combustible, teneur en humidité, teneur spécifique en carbone (Cf), teneur spécifique en énergie (Hf) sur la base de moyennes annuelles intégrées (laboratoire de l'installation de production et systèmes de mesure) à indiquer. Quatre types de combustibles sont pris en compte dans la feuille de calcul : conventionnel (charbon ou coke de pétrole), fuel lourd (ou léger), combustibles alternatifs tels que plastique, déchets municipaux, biomasse. Si le "contenu carbone" n'est pas connu dans le combustible, les valeurs d'émission par défaut de l'IPCC peuvent être utilisées. (voir 7)
- 7) Pour tous les combustibles thermiques, les facteurs d'émission par défaut basés sur l'IPCC peuvent être saisis si le contenu carbone n'est pas connu. (le tableau ci-dessous indique la valeur IPCC pour les combustibles thermiques)

Fuel		Default Emission Factor							
Crude Oil	Refinery Gas	n	57 600	Other Oil	Municipal Wastes (non-biomass fraction)	n	91 700		
	Paraffin Waxes		73 300		Industrial Wastes	n	143 000		
	White Spirit and SBP		73 300		Waste Oils	n	73 300		
	Other Petroleum Products		73 300		Peat		106 000		
	Anthracite		98 300		Solid Biofuels	Wood / Wood Waste	n	112 000	
	Coking Coal		94 600			Sulphite lyes (Black Liquor) <sup>a</sup>	n	95 300	
	Other Bituminous Coal		94 600			Other Primary Solid Biomass	n	100 000	
	Sub-Bituminous Coal		96 100			Charcoal	n	112 000	
	Gasoline	Motor Gasoline	r		69 300	Liquid Biofuels	Biogasoline	n	70 800
		Aviation Gasoline	r		70 000		Biodiesels	n	70 800
		Jet Gasoline	r		70 000		Other Liquid Biofuels	n	79 600
	Jet Kerosene	Jet Kerosene			71 500	Gas Biomass	Landfill Gas	n	54 600
		Other Kerosene			71 900		Sludge Gas	n	54 600
	Shale Oil	Shale Oil			73 300	Other non-fossil fuels	Other Biogas	n	54 600
		Gas/Diesel Oil			74 100		Municipal Wastes (biomass fraction)	n	100 000
Residual Fuel Oil	Residual Fuel Oil		77 400	Derived Gases					
	Liquefied Petroleum Gases		63 100		Gas Works Gas	n	44 400		
Ethane	Ethane		61 600	Coke	Coke Oven Gas	n	44 400		
	Naphtha		73 300		Gas Coke	r	107 000		
Bitumen	Bitumen		80 700	Coal Tar	Coal Tar	n	80 700		
	Lubricants		73 300		Gas Works Gas	n	44 400		
Petroleum Coke	Petroleum Coke	r	97 500	Other non-fossil fuels	Gas Works Gas	n	44 400		
	Refinery Feedstocks		73 300		Coke Oven Gas	n	44 400		
Natural Gas	Natural Gas		56 100	Derived Gases	Blast Furnace Gas	n	260 000		
					Oxygen Steel Furnace Gas	n	182 000		

Figure 3 – IPCC Valeurs par défaut du combustible thermique référencé

Consommation spécifique d'énergie thermique (STEC) à saisir (moyenne annuelle selon les systèmes de mesure)

## 7. Station de broyage ciment

"Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au clinker importé sont calculées sur le site et dans le pays où le clinker est produit. ""Le ciment peut être fabriqué (broyé) entièrement à partir de clinker importé, auquel cas l'installation de production de ciment peut être considérée comme ayant des émissions de CO<sub>2</sub> liées au procédé égales à 0."" Lignes directrices 2006 de l'IPCC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Rapport. 2006, CHAPITRE 2 ÉMISSIONS DE L'INDUSTRIE MINÉRALE, Page 2.7"

Dans la feuille de calcul Excel, la feuille de la station de broyage est jointe en tant qu'information supplémentaire, afin qu'une usine qui améliore son facteur clinker puisse également suivre les améliorations en matière de réduction de CO<sub>2</sub>.

## 8. Gestion des performances

Les trois indicateurs clés de performance (KPI à rapporter et à utiliser comme base pour les plans d'amélioration opérationnelle sont les suivants :

- Émissions brutes de CO<sub>2</sub> (tonnes de CO<sub>2</sub>/an)
- Émissions spécifiques de CO<sub>2</sub> par clinker produit (t CO<sub>2</sub>/t cli)
- Émissions spécifiques de CO<sub>2</sub> par ciment (équivalent) (t CO<sub>2</sub>/t cem eq.)

En général, ces trois indicateurs clés de performance opérationnels peuvent être comparés en valeur absolue, suivis sur plusieurs années successives pour démontrer les progrès en matière de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et utilisés pour déterminer les améliorations spécifiques à apporter au niveau opérationnel dans chaque cimenterie.