



Livrable 2.2 – Analyse et collecte de données des cinq cimenteries en République du Congo

Livrable 4.2 (partiel)– Calcul des émissions de GES et des facteurs d'émissions de la production nationale de ciment

Table des matières

1	Résumé et recommandations	3
2	Introduction	6
3	Contexte de l'industrie - République du Congo (Congo Brazzaville)	8
4	Technologie déployée et capacités de production	14
5	Ressources et réserves de matières premières	17
6	Énergie – approvisionnement et utilisation	20
7	Projection de gaz à effet de serre	23
7.1	Calcul des émissions de CO2 (niveau 1)	25
7.2	Calcul des émissions de CO2 (niveau 2)	25
7.3	Calcul des émissions de CO2 (niveau 3)	26
8	Environnement, santé, sécurité et social (EHSS)	29

Liste des figures

1	Résumé et recommandations	3
2	Introduction	6
3	Contexte de l'industrie - République du Congo (Congo Brazzaville)	8
4	Technologie déployée et capacités de production	14
5	Ressources et réserves de matières premières	17
6	Énergie – approvisionnement et utilisation	20
7	Projection de gaz à effet de serre	23
7.1	Calcul des émissions de CO2 (niveau 1)	25
7.2	Calcul des émissions de CO2 (niveau 2)	25
7.3	Calcul des émissions de CO2 (niveau 3)	26
8	Environnement, santé, sécurité et social (EHSS)	29

1 RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS

Résumé de la demande d'assistance technique : *“En coopération avec les représentants des cimenteries, une analyse détaillée et une collecte de données des cinq cimenteries au Congo (SONOCC, FORSPAK, CIMAF, DIAMOND CEMENT CONGO et DANGOTE) seront réalisées. Cette évaluation donnera un aperçu des matières premières, des équipements et des procédés utilisés, y compris, entre autres, le type de récupération de la chaleur résiduelle et les combustibles utilisés. En outre, des données secondaires disponibles sur les activités, l'énergie et la chaleur, telles que celles provenant des factures d'électricité, seront collectées.”*

Group Name	Local Company	Plant	Location	Activity
Ciments de l'Afrique (CIMAF) (Morocco)	CIMAF Congo	Point- Noire	Hinda	Grinding Station
Dangote Cement Plc (Dangcem)	Dangote Industries Congo S.A.	Mfila	Bouasnsa	Integrated Plant
Diamond Cement	Diamond Cement	Mindouli	Mindouli	Integrated Plant
FORSPAK China International Congo	FORSPAK China International Congo	Dolisie	Dolisie	Integrated Plant
Société Nouvelle des Ciments du Congo (SONOCC)	Société Nouvelle des Ciments du Congo (SONOCC)	Loutété	Loutété	Integrated Plant

Figure 1 – Liste des 5 installations de production de ciment en République du Congo

Des demandes de données détaillées ont été adressées à tous les producteurs de ciment pour servir de base à cette évaluation (voir annexe A). CIMAF, Diamond et SONOCC n'ont pas répondu à la demande de données associée à cette évaluation. Les auteurs observent que les informations disponibles à ce stade du projet sont insuffisantes, en particulier en ce qui concerne le portefeuille de produits, les flux de matières entrants et sortants, les propriétés physiques et chimiques des matières ainsi que les paramètres détaillés des processus, pour procéder à un audit énergétique détaillé et une évaluation des émissions.

Facility Location	CIMAF Makola	Dangote Madingou (Mfila)	Diamond Mindouli	Forspak Dolosie	SONOCC Loutété
Commissioning	2015	2017	2018	2017	2013
Cement capacity [tpa·cem]	500,000	1,500,000	600,000	300,000	300,000
Clinker capacity* [tpd·cli]	n/a	3,000	1,500	700	700
	n/a	930,750	465,375	217,175	217,175
Clinker /Cement factor ** [t·cli/t·cem]	unknown	0.62	0.78	0.72	0.72

* estimated for Diamond, annual capacities equal nominal rate at 85% time availability

** Theoretical based on nominal cem & cli production levels

Figure 2 - Niveaux de production nominaux (de conception) pour les installations de production de ciment du Congo

Les capacités de production des usines de Dangote et de Diamond confèrent à ces deux installations un avantage concurrentiel structurel. Les installations de production de FORSPAK et de SONOCC sont dimensionnées pour la production de produits de niche (haut de gamme). CIMAF est uniquement un broyeur. Au moment de la préparation de ce document, il apparaît que les installations de CIMAF et de Diamond ont toutes deux cessé leur production et ne sont plus opérationnelles. En outre, les autres usines fonctionnent à moins de 50 % de leur capacité de production nominale. Il est peu probable que le broyeur et les petites usines intégrées puissent résister à la pression concurrentielle sur le marché congolais actuel du ciment.

Dangote est susceptible d'avoir un plan d'exploitation minière détaillé car c'est une procédure d'exploitation standard pour eux. FORSPAK n'a fourni qu'un croquis des limites de la concession et donc n'ont probablement pas fait l'étude des matières premières selon les standards internationaux. L'évaluation par Diamond de son gisement de matières premières n'est pas clair (un tel plan minier d'évaluation préliminaire du gisement peut avoir été préparé par Holtec ou équivalent). SONOCC disposerait probablement d'études sur les matières premières pour son gisement de calcaire existant qui est basé sur l'exploitation à long terme de ce dernier. La seule installation de production qui a fourni une information complète des dernières technologies d'équipement et d'exploitation est l'usine Dangote. Cette dernière dispose d'une technologie moderne incluant un système de four à 5 étages de préchauffage et un précalcinateur et refroidisseur de clinker moderne. Les unités de broyage sont à haut rendement énergétique pour la matière première, le ciment et le charbon. Les fournisseurs des équipements principaux sont réputés pour leur qualité (Sinoma (Chine) pour le système de four et Loesche GmbH (Allemagne) pour les trois principaux systèmes de broyage). Les usines de FORSPAK, SONOCC ont eu recours à des équipementiers moins renommés (Jiangsu Pengfei Group Co. Ltd. (Chine), et à des systèmes de broyage inefficaces sur le plan énergétique que sont les broyeurs à boulets.

Bien que cela ne soit pas démontré, Diamond Cement a probablement utilisé sa propre équipe d'ingénierie et de projet pour développer et construire ses usines intégrées au Congo selon une méthodologie d'exécution multi-contrats d'ingénierie, d'approvisionnement et de gestion de la construction (EPCM), en intégrant des équipements à faible coût et souvent de technologie inférieure (provenant probablement d'Inde). Comme pour SONOCC et FORSPAK, des systèmes de broyage de type broyeur à boulets, peu efficaces sur le plan énergétique, sont utilisés. CIMAF quant à elle dispose seulement d'une installation de broyage ciment utilisant également une technologie dépassée consistant en un broyeur à boulets en circuit fermé avec un séparateur et de flexibilité opérationnelle limitée.

Dangote déclare utiliser sa propre génération électrique au charbon sur son site Web, mais d'autres informations indiquent qu'ils seraient connectés au réseau national. On rapporte que CIMAF utilise également sa propre génération électrique, et si tel est le cas, les émissions de CO₂ devront également être calculées dans une évaluation de niveau 3. Les autres usines sont supposées être connectées au réseau national.

Les visites d'usine permettront de confirmer ou d'infirmer les hypothèses ci-dessus.

Dans une étude datant de 2014 et mentionnée dans la demande d'assistance technique, les producteurs de ciment de la République du Congo ont produit **93,3324 Gg équivalent CO2** (93 kilo-tonnes de CO2) en utilisant la méthodologie Niveau 1. Lors d'une comparaison à données comparables, un chiffre de **92,9203 Gg équivalent CO2** a été déterminé dans ce rapport, ce qui est très proche de la première valeur et valide donc nos conclusions. Il est important de noter que les premières émissions spécifiques de CO2 (matières premières) datant de 2014 ont également été rétro calculées par les consultants à **0,509 t CO2/t clinker**. Dans ce rapport, les consultants ont utilisés la valeur par défaut de niveau 1 de **0,507 t CO2/t clinker**. Dans l'étude de 2014, les émissions de CO2 correspondaient très certainement aux émissions de CO2 provenant de la calcination des matières premières uniquement. En règle générale, la combustion du carburant ajoutera environ 0,250 à 0,350 t de CO2 / t de clinker selon le carburant et le type de technologie utilisé. On s'attend à ce que les émissions totales de niveau 3 (matières premières et combustibles) des usines de la République du Congo se situent entre 0,760 et 0,860 t CO2/t clinker produite.

Le charbon est la principale source d'énergie thermique dans les usines. Les fournisseurs principaux pour l'Afrique sont l'Afrique du Sud et de Russie. Dangote est leader en République du Congo pour l'utilisation des combustibles alternatifs tels que les huiles usées, les sacs en polypropylène, l'herbe et les plastiques. FORSPAK utilise et prévoit d'augmenter l'utilisation de déchets de bois et de pneus usagés. Il convient de noter que l'utilisation de la biomasse réduit les émissions nettes de CO2 car elle n'est pas utilisée dans le calcul du niveau 3. On ne sait pas quel est le combustible principal utilisé par l'usine de Diamond, mais il est fort probable que ce soit le charbon. La SONOCC, quant à elle utilise du fioul lourd (HFO), qui est très cher.

En préparation de l'étape suivante, "Activité 2.3 : Réunion des parties prenantes pour identifier deux usines prioritaires et une usine spécialisée dans le broyage pour un audit détaillé", la matrice d'évaluation suivante, englobant les différents paramètres technologiques, opérationnels, de matières premières et environnementaux a été développée pour les usines.

Les facteurs de pondération, au total 100 %, ont été attribués sur la base de l'expertise des consultants et peuvent servir de base de discussion entre les parties prenantes dans le cadre de l'activité 2.3.

Les consultants estiment que les informations disponibles sont suffisantes, qu'elles aient été fournies par les différentes cimenteries ou qu'elles soient publiques et documentées dans cette évaluation, pour permettre la sélection des usines prioritaires en vue d'une évaluation plus approfondie.

Selon le tableau de priorisation ci-dessus, les usines Dangote et Diamond sont les deux installations intégrées de production de ciment qu'il est recommandé de sélectionner pour une évaluation plus détaillée. Ces deux usines représentent environ 75 % de la production de clinker et de ciment en République du Congo, ainsi que 75 % des tonnes de CO2 émises par l'industrie du ciment dans le pays. L'usine CIMAF sera également incluse dans l'étape suivante, en tant que seul broyeur de ciment, conformément à la demande d'assistance technique.

2 INTRODUCTION

À l'échelle mondiale, le ciment et les produits à base de béton sont considérés comme un matériau de construction clé. Avec une augmentation rapide de l'urbanisation, du développement des infrastructures et de la croissance économique, la consommation de ciment et de matériaux de construction en béton continue d'augmenter, les taux de consommation de matériaux de construction à long terme peuvent être indexés sur le taux de croissance du produit intérieur brut (PIB) d'une région géographique et/ou de pays spécifiques.

En 2016, l'industrie mondiale du ciment a généré environ 2,2 milliards de tonnes de CO₂ équivalant à environ 8% des émissions mondiales totales de CO₂.¹

Le Gouvernement de la République du Congo a donné la priorité à la production nationale de ciment (et de matériaux de construction) au cours de la dernière décennie afin de répondre à la demande nationale associée aux politiques d'urbanisation et de développement qui ont initiées pour la plupart en 2004.

Avant 2010, une seule petite usine de production de ciment fonctionnait au Congo; SONOCC avec une capacité de production annuelle estimée à 0,1 million de tonnes par an (mtpa). Depuis 2010, SONOCC a modernisé sa capacité de production et quatre installations de production de ciment supplémentaires, un broyeur de ciment et trois usines intégrées, ont été construites au Congo. Il en résulte une capacité annuelle de production de ciment d'environ 3,2 mtpa. Les quatre nouveaux entrants sur le marché congolais du ciment sont Ciments de l'Afrique (CIMAF), Dangote Cement Plc. (Dangcem ou Dangote), Diamond Cement (Diamond) et FORSPAK China International Congo (FORSPAK).

Depuis le 21 mai 2017, la République du Congo est partie/signataire de l'Accord de Paris de 2015 (COP 21) dans le cadre de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC); l'Accord de Paris lui-même est entré en vigueur le 4 novembre 2016. Dans le cadre de la réalisation de ses objectifs d'atténuation des gaz à effet de serre (GES), le Congo a récemment finalisé sa troisième communication nationale (TCN). Au cours de cette dernière l'équipe d'experts en inventaires de GES du secteur des procédés industriels et de l'utilisation des produits (IPPU) a obtenu une estimation des émissions de GES par la méthode de niveau 1 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Ils ont constaté que le secteur de l'industrie du ciment est la principale catégorie émettrice, c'est-à-dire le secteur qui émet le plus de GES dans le secteur PIUP (l'un des cinq secteurs sources d'émissions, à savoir: les changements d'affectation des sols, l'agriculture, les déchets, l'énergie et les IPPU).

En 2014 les émissions de CO₂ de 2014 ont atteint 93,3324 Gge CO₂ (giga gramme équivalent générateur de gaz CO₂). Le GIEC recommande que les pays faisant parties de la CCNUCC passent d'une évaluation des GES de niveau 1 à des méthodes de niveau 2 et 3 afin d'obtenir

¹ 2020000039 d'identification de référence CTCN

des résultats plus réalistes et plus complets de leurs GES au niveau national. Les niveaux d'évaluation des GES du GIEC peuvent être brièvement décrits comme suit et référencés plus en détail dans les publications correspondantes du GIEC.²

1. **Niveau 1 - Émissions basées sur la production de ciment:** La méthode Niveau 1 utilise la valeur par défaut du GIEC pour la fraction de chaux dans le clinker, qui est de 64,6%. Il en résulte un facteur d'émission de 0,507 tonne de CO₂/tonne de clinker
2. **Niveau 2 - Émissions basées sur les données de production de clinker:** La méthode de niveau 2 consiste à calculer la concentration moyenne de chaux dans le clinker en collectant des données sur la production de clinker et la fraction de chaux par type.
3. **Niveau 3 - Émissions basées sur les apports de matières premières carbonatées dans le four:** La méthode Niveau 3 est basée sur la collecte de données désagrégées sur les types (compositions) et les quantités de carbonates consommés pour produire du clinker, ainsi que sur les facteurs respectifs d'émissions de carbonates consommés.

Conformément aux recommandations du GIEC et afin d'évaluer davantage les émissions de GES associées à l'industrie du ciment, l'Entité Nationale Désignée (END) congolaise a engagé le Centre et Réseau de Technologie Climatique (CTCN) pour fournir une évaluation améliorée des niveaux 2 et 3 de la contribution des industries du ciment aux émissions de GES au Congo.

Le CTCN est l'organe opérationnel du Mécanisme technologique de la CCNUCC et est hébergé par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en collaboration avec l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) et soutenu par 11 institutions partenaires ayant une expertise dans les technologies climatiques. La mission du CTCN est de promouvoir le déploiement et le transfert accélérés des technologies climatiques à la demande des pays en développement pour un développement économe en énergie, sobre en carbone et résilient au changement climatique.

Le CTCN, par l'intermédiaire de l'ONUDI, a engagé Cementis GmbH (Cementis), en vertu du contrat (bon de commande) n° 3000090281 de l'ONUDI en date du 13 mai 2021, pour fournir une assistance technique dans l'évaluation de l'industrie cimentière congolaise. L'objectif global est (I) d'élaborer une étude pour obtenir toutes les informations pertinentes des cimenteries nationales au moyen d'une analyse générale et d'un audit détaillé de deux cimenteries et d'une) usine de broyage, (II) d'évaluer les besoins technologiques afin d'établir des données précises et spécifiques à chaque pays sur l'activité des GES (DA) et des facteurs d'émission (EE), (III) proposer un système d'audits et de rapports énergétiques réguliers et identifier des options pour améliorer les technologies utilisées pour réduire les émissions de GES dans ce secteur.

² Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre de 2006, Volume 3 - Procédés industriels et utilisation des produits, Chapitre 2 - Émissions de l'industrie minérale

La portée de l'engagement entre l'ONUDI et Cementis comprend les principaux résultats suivants :

1. Collecte de données de cinq (5) cimenteries au Congo – Brazzaville
2. Audit énergétique et thermique détaillé de deux (2) cimenteries et d'une (1) usine de broyage
3. Identification des technologies et des meilleures pratiques pour la réduction des émissions de GES dans l'industrie du ciment
4. Élaboration de documentations et de plans pour des audits et des rapports réguliers
5. Élaboration d'une méthode de calcul des émissions de GES [IPPC 2006] de niveau 2 ou de niveau 3 et calcul des émissions nationales de production de ciment

Le présent rapport, publié dans le cadre du contrat susmentionné, se rapporte à l'activité 2.2 "Analyse et collecte de données sur les cinq cimenteries du Congo- Brazzaville", et prépare l'activité 2.3 "Réunion des parties prenantes pour identifier deux cimenteries prioritaires et une usine de broyage spécialisée pour un audit détaillé"

Est également incluse une évaluation partielle, c'est-à-dire initiale, basée sur les données disponibles, des niveaux d'émission de GES (sur la base du CO₂) en tenant compte des mécanismes de niveau 1 et de niveau 2 susmentionnés, conformément au livrable 4.2 (partiel) "Calcul des émissions de GES et des facteurs d'émission pour la production nationale de ciment" ; ceci est considéré comme un critère d'évaluation pertinent des installations, dans le cadre du présent livrable 2.2.

Le consultant observe qu'en raison de la pandémie mondiale de santé en cours Sars-Cov-2 (Covid 19), des difficultés de communication et parfois des situations de non-réponse de l'industrie congolaise du ciment dans le développement de cette évaluation ont été rencontrées. Dans le cas où les données techniques, conditions préalables à la portée des travaux des consultants telles qu'elles sont décrites à l'annexe A, n'ont pas été fournies, le consultant a estimé les données en fonction des pratiques comparables de l'industrie.

3 CONTEXTE DE L'INDUSTRIE - RÉPUBLIQUE DU CONGO (CONGO BRAZZAVILLE)

La République du Congo a enregistré une croissance significative de la consommation nationale de matériaux de construction et de la capacité de production correspondante au cours de la dernière décennie. En plus de SONOCC, qui est présent au Congo depuis ~1965, quatre autres producteurs de ciment sont entrés sur le marché avec des installations nouvelles ; un broyeur de ciment et trois usines de production intégrées, à savoir CIMAF, Diamond, Dangote et FORSPAK.

Sur un marché en croissance, la demande de ciment est généralement traitée par des considérations séquentielles d'approvisionnement à court et à long terme. Dans les solutions d'approvisionnement à court terme, qui comprennent des pics de saisonnalité continus, on

envisage généralement l'importation de produits finis sous forme sac ou vrac avec des terminaux de distribution locaux.

Si la croissance de la demande perdure, des broyeurs ciment, utilisant généralement des matériaux importés, par exemple du clinker, du gypse, ainsi que d'autres additifs minéraux (par exemple, de la pierre ponce) sont installés pour satisfaire une demande croissante et stable.

Dans le cas où il est établi que la croissance de la demande s'inscrit dans la durée, la capacité de production de ciment est recentrée sur la production intégrée de ciment dans le pays. Une production intégrée se traduit par une augmentation significative de l'activité économique propre au pays, tant du côté de l'offre que de la demande. En fonction des niveaux absolus de consommation, mais aussi des risques évalués associés aux investissements en capital à plus grande échelle, les capacités de production des installations sont définies. Les marchés de niche ou de demande à petite échelle de l'industrie sont généralement traités par le biais de « micro » usines allant de 500 à 1500 tpj-clinker, tandis que les niveaux de consommation importants dans un marché en croissance continue, sont généralement égaux ou supérieurs à 3000 tpj-clinker. Dans le cas de demande très importante dans des grands marchés consommateurs de ciment les capacités de production varient entre 3000 et 10 000 tpj-clinker avec des capacités « standard » de 3000 tpj, 5000/6000 tpj. Dans des cas plus rares des capacités de 10 000 tpj sont parfois offerts par certains équipementiers.

Dans le cas d'installation de nouvelles capacités dans des marchés émergents en forte croissance tels que le Congo, les technologies de pointe sont généralement utilisées. La technologie de pointe telle que définie dans l'industrie du ciment date de plusieurs décennies avec les technologies de système de four PH / PC émergeant au milieu des années 1970 et les systèmes de broyage très efficaces, par exemple les broyeurs à rouleaux verticaux et les rouleaux de broyage à haute pression (presses à rouleaux) émergeant dans les années 1980.³ Des technologies moins efficaces bien que « modernes », par exemple des systèmes de broyage à boulets autonomes, sont nettement antérieures aux solutions de pointe.

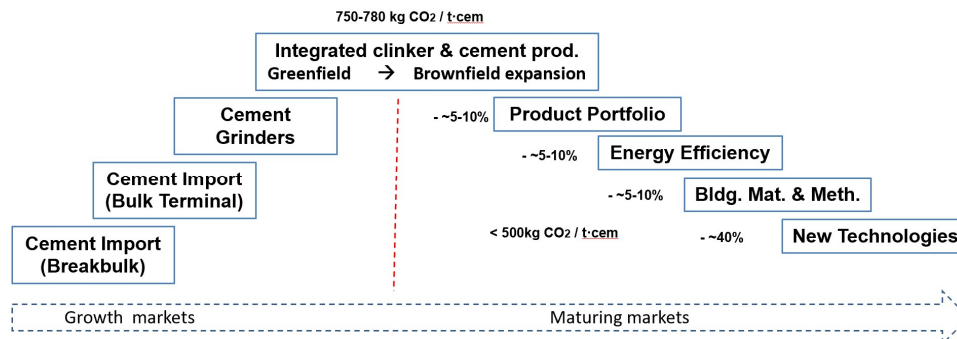


Figure 4– Développement typique de l'industrie du ciment – transition de la croissance vers un marché mature

³ http://docs.wbcsd.org/2017/06/CSI_ECRA_Technology_Papers_2017.pdf

Dans le contexte du développement du secteur du ciment, le Congo va vers de plus grandes installations de production intégrées, par exemple Dangote. La figure ci-dessus représente, en ligne pointillée rouge, le niveau de développement de l'industrie cimentière du Congo.

La stagnation à long terme du développement technologique dans l'industrie et le fait que le ciment est un produit de base se traduisent en fin de compte par des installations de production technologique équivalentes dans un marché en transition de la croissance à la maturité. Dans un tel environnement de production et de consommation, les inefficacités opérationnelles deviennent compromettantes, en priorité pour les terminaux de ciment, les broyeurs de ciment, suivis par les installations de production intégrées.

Au sein des marchés en croissance, la stratégie des producteurs de ciment se concentre généralement sur l'expansion de la capacité, avec un accent limité sur l'efficacité opérationnelle.

Sur les marchés en pleine maturation, les stratégies se réorientent de l'expansion de la capacité vers une efficacité opérationnelle, y compris, mais sans s'y limiter, la différenciation du portefeuille de produits, la réduction du facteur de clinker, l'efficacité énergétique, la substitution de l'énergie thermique et électrique, les temps de fonctionnement des installations et les niveaux de production optimisés.

En fin de compte, et comme cela est pertinent pour cette évaluation, les efficacités opérationnelles se traduisent souvent à parité par des gains d'efficacité énergétique et des réductions correspondantes des émissions de CO₂. De l'avis des consultants, l'efficacité opérationnelle peut générer des gains d'efficacité de l'ordre de 25 à 30 % grâce à des processus et des systèmes structurés et contrôlés ainsi qu'à des procédures opérationnelles normalisées (PON) quotidiennes.

Bien qu'il existe de larges fourchettes d'estimation, l'ONUDI estime que la consommation d'énergie industrielle, qui représente environ 40 % de la consommation finale totale mondiale d'énergie, peut être réduite de plus de 25 % grâce à des⁴mesures d'efficacité énergétique et que ces gains peuvent être réalisés grâce à un système structuré de gestion de l'énergie, par exemple « EnMS – ISO 50001 », qui traite de l'efficacité opérationnelle, de la diminution de l'intensité énergétique, et de la réduction de l'impact environnemental au sein d'une organisation industrielle spécifique.

⁴ <https://www.unido.org/news/industrial-energy-efficiency-picking-low-hanging-fruit>

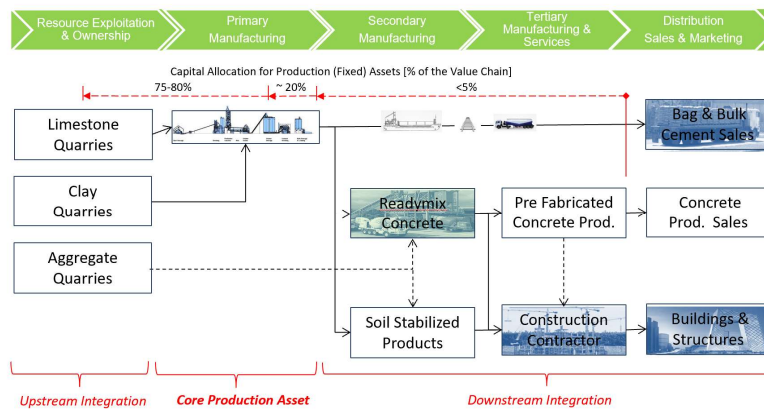


Figure 5 – Exemple typique – intégration verticale de l'activité ciment dans un marché mature

Sur les marchés en cours de maturation, il en résulte l'élimination des importateurs, des broyeurs et des producteurs intégrés inefficaces. Les autres unités d'affaires renforcent leur position dans l'industrie des matériaux de construction grâce à l'intégration de l'approvisionnement en amont et des canaux de distribution en aval, ainsi qu'à l'expansion de leur empreinte géographique grâce à des exportations régionales (ou internationales), en utilisant des solutions logistiques, souvent créatives. Ces activités d'intégration verticale visent à protéger l'activité principale, c'est-à-dire l'immobilisation à grande échelle – l'installation de production de ciment, et à assurer des rendements à long terme.

À l'heure actuelle, l'industrie du ciment au Congo se compose de cinq usines de production (quatre cimenteries intégrées et une station de broyage du ciment) d'une capacité de production annuelle d'environ 3,2 millions de tonnes de ciment, comme suit:

1. Ciments de l'Afrique (CIMAF) (Makola) – Propriété marocaine et étatique, une installation de broyage de ciment de 0,5 mtpa mise en service vers 2016 et composée d'une seule ligne de production de broyeurs à boulets en circuit fermé.
2. Dangote Cement Plc (Dangcem) (Mfila) – Propriété nigériane, une installation intégrée de production de ciment de 1,5 mtpa ciment (3000 tpj-clinker) mise en service ~ 2017 et composée d'un four rotatif PH / PC à 5 étages avec des broyeurs à rouleaux verticaux pour le broyage de tous les matériaux.
3. Diamond Cement (Mindouli) – Propriété indienne, une installation intégrée de production de ciment de 0,6 mtpa (est. 1500tpj-clinker) mise en service ~ 2020 - 5 étages PH / PC avec four rotatif et technologie de broyeur à boulets pour tous les quadrillages de matériaux. Le projet avait déjà été retardé de plusieurs années en raison de problèmes de sécurité locaux ⁶
4. FORSPAK China international Congo (Dolisie) (FORSPAK) – Propriété 100% chinoise, une installation intégrée de production de ciment de 0,3 mtpa (700 tpj-clinker) mise en

service ~ 2014 et composée d'un PH / PC à 5 étages avec technologie de parenté rotative et de broyeur à boulets pour tous les matériaux de broyage

5. Société Nouvelles des Ciments du Congo (SONOCC) (Loutété) – un partenariat de 56% / 44% entre les propriétaires chinois et l'État, une cimenterie intégrée de 0,2 à 0,3 million de tonnes (deux lignes de four - ligne 1 mise en service ~ 1965/2011 et composée d'un préchauffeur à 4 étages avec technologie de four rotatif et de broyeur à boulets pour le broyage des matériaux, ligne 2 - mise en service ~ 2015 et composée d'un PH / PC à 5 étages avec technologie de four rotatif et de broyeur à boulets pour le broyage des matériaux.



Figure 6 – Emplacement des installations de production de ciment en République du Congo⁵

Toutes les installations de production de ciment sont généralement situées entre le port en eau profonde atlantique de Point Noire et le marché principal et la capitale, Brazzaville.

En plus des installations de production ci-dessus, Unibeco (Cementos La Union), exploite un terminal d'importation d'une capacité d'environ 0,5 mtpa-cem (silos et usine d'emballage de 2x5000t) à Pointe Noire.

Il est observé, à ce stade, que les trois très petites usines intégrées, à savoir FORSPAK, Diamond et SONOCC, sont bien en deçà d'une viabilité économique généralement acceptée et d'un seuil de production industrielle durable et intégrée d'une capacité de ≥ 3000 tpj-clinker par ligne de production. Bien qu'elles conviennent à l'entrée sur le marché à court terme, à la prise en compte des pénuries de niche et/ou de la demande, ces petites installations de production (toutes utilisant des technologies modernes mais non pas de pointe) peuvent être mises au défi de rester compétitifs dans un environnement de marché en pleine maturation.

⁵⁶ <https://www.globalcement.com/news/itemlist/tag/Diamond%20Cement>

www.cemnet.com

De même, le broyeur de ciment (CIMAF) sera probablement le premier producteur de ciment à être retiré du marché ou repris par l'un des autres producteurs intégrés.

Situation actuelle du marché

		2018	2019	2020	2021F	2022F
Congo Consumpt [mtpa·cem]		0.75	0.75	0.68	0.73	0.77
Production [mtpa·cem]		0.75	0.75	0.6	0.63	0.63
Import [mtpa·cem]		0.13	0.29	0.34	0.43	0.42
Export [mtpa·cem]		0.13	0.21	0.3	0.35	0.36

Source: Global cement Report (latets edition)

Figure 7 – Production et demande du marché 2018-2022⁶ Emplacement des installations de production de ciment en République du Congo⁷

Avec une capacité de production installée totale d'environ 3,2 mtpa·cem et des développements économiques négatifs de 2018 à 2021, les petits producteurs seront soumis à une pression extrême pour rester compétitifs. La croissance du PIB au Congo devrait être à nouveau légèrement positive en 2022⁸

A cet égard, CIMAF a cessé ses activités (~0,5 mtpa·cem). Ciment Diamond a été déclarée en faillite en avril 2021, aucun ciment n'ayant été produit depuis fin 2019. ⁹ (~0,6mtpa·cem).

Dangote (~1,5 mtpa·cem), FORSPAK (~0,3mtpa·cem) et SONOCC (0,3mtpa·cem), au total ~2,1 mtpa·cem, restent en activité sur un marché qui ne consomme que ~0,75-0,8 mtpa·cem. Cette consommation ne représentant que 25% de la capacité installée est à l'origine des difficultés rencontrées par les installations non compétitives.

Dans le contexte actuel, il est probable que Dangote continuera d'être soutenu par sa société mère au Nigéria et ne devrait pas constituer un risque de fermeture. SONOCC et FORSPAK, tous deux dotés de faibles capacités de production, risquent d'être non compétitifs sur un marché qui ne se redresse que lentement.

Sur les marchés de surcapacité, les grandes usines de production intégrées deviennent généralement les leaders du marché et les consolideurs. Au Congo, il s'agirait de Dangote et dans une moindre mesure de Diamond Cement, qui ensemble ont une capacité de production combinée de plus de 2 millions de tonnes annuelles de ciment (Dangote ayant toutefois 3 x la

⁶ Rapport mondial sur le ciment (dernière édition)

⁷ www.cemnet.com

⁸ <https://tradingeconomics.com>

⁹ [Congo-Brazzaville: la faillite de la cimenterie Diamond Cement de Mindouli - Afrique économie \(rfi.fr\)](https://www.rfi.fr/fr/congo-brazzaville/la-faillite-de-la-cimenterie-diamond-cement-de-mindouli-afrique-économie)

capacité de Diamond). Dans le scénario actuel, et à mesure que le marché se redresse, il est probable que Diamond Cement remplacera / absorbera SONOCC et/ou FORSPAK. Ce scénario repose sur l'hypothèse que le gouvernement empêche le dumping à l'importation. Dans le cas contraire seul Dangote pourrait résister.

4 TECHNOLOGIE DÉPLOYÉE ET CAPACITÉS DE PRODUCTION

La technologie de production du ciment, dans l'industrie du ciment, n'a pas varié de manière significative depuis le milieu des années 1970 avec l'introduction de systèmes efficaces de préchauffage / four pré-calciné et l'avènement de technologies de broyage très efficaces telles que les broyeurs à rouleaux verticaux et les rouleaux de broyage à haute pression, par exemple les presses à rouleaux, suivies de technologies similaires telles que Horomills.

La technologie de production sélectionnée pour les différentes usines de production, quel que soit le fabricant d'équipement d'origine, a un impact direct sur la flexibilité opérationnelle des installations en ce qui concerne les ajustements du portefeuille de produits ainsi que sur le potentiel d'optimisation de la consommation d'énergie, respectivement sur la réduction de l'empreinte carbone.

Les niveaux de production actuels au Congo sont bien inférieurs aux capacités nominales (de conception) des installations.

Facility Location		CIMAF Makola	Dangote Madingou (Mfila)	Diamond Mindouli	Forspak Dolosie	SONOCC Loutété
Commissioning		2015	2017	2018	2017	2013
Cement capacity	[tpa·cem]	500,000	1,500,000	600,000	300,000	300,000
Clinker capacity*	[tpd·cli] [tpa·cli]	n/a n/a	3,000 930,750	1,500 465,375	700 217,175	700 217,175
Clinker /Cement factor **	[t·cli/t·cem]	unknown	0.62	0.78	0.72	0.72

* estimated for Diamond, annual capacities equal nominal rate at 85% time availability

** Theoretical based on nominal cem & cli production levels

Figure 8– Capacité de production nominale des cimenteries du Congo¹⁰

Le niveau de la consommation spécifique d'énergie thermique (STEC) (kcal/kg cli) et de la consommation spécifique d'énergie électrique (SEEC) (kWh/t cli) sont directement liés à la

¹⁰ www.cemnet.com

technologie utilisée dans les opérations. Les technologies les plus récentes ont (1) un plus grand degré d'efficacité énergétique globale, (2) une capacité opérationnelle accrue pour optimiser l'efficacité énergétique (détaillée dans un autre chapitre de ce rapport), et (3) une plus grande flexibilité pour améliorer le portefeuille de produits et notamment la réduction du facteur clinker.

Les technologies de broyeurs à boulets utilisées par CIMAF, Diamond, FORSPAK et SONOCC, limiteront la flexibilité opérationnelle de ces installations de production, en particulier en ce qui concerne le séchage des matières premières et des additifs de ciment. Avec une limitation technologique des machines d'environ 2,0-2,5 3% H₂O en moyenne dans l'alimentation en matière des unités de broyage à boulets, il est peu probable que les installations intégrées (Diamond, FORSPAK et SONOCC) atteignent leurs niveaux nominaux respectifs de production de clinker indiqués dans la figure 7 pendant la saison des pluies. De même, il est peu probable que l'une de ces installations atteigne des niveaux de facteur clinker (t-clit/t-cem) inférieurs à ~0,8 aux capacités nominales de production de ciment annoncées.

Dans le contexte de la République du Congo et du développement rapide de la production intégrée de ciment au cours de la dernière décennie, on aurait pu s'attendre à un alignement sur les technologies de pointe facilement disponibles, quel que soit l'OEM. Ce n'est pas le cas. La seule installation de production qui présente une application complète des dernières technologies est l'usine de Dangote (Dangcem). Cela est probablement dû aux objectifs stratégiques globaux des propriétaires, mais aussi au choix de l'équipementier sélectionné (Sinoma (Chine) pour le système de four et Loesche GmbH (Allemagne), pour les trois principaux systèmes de broyage). FORSPAK, SONOCC ont installé des usines utilisant un fabricant d'équipement d'origine (OEM) de technologie moins avancée (Jiangsu Pengfei Group Co. Ltd. (Chine)). Bien que cela ne soit pas totalement certain, il est probable que Diamond Cement ait utilisé sa propre équipe d'ingénierie et de projet pour développer et construire ses installations au Congo selon une méthodologie d'exécution d'ingénierie, d'approvisionnement et de gestion de la construction (IAGC) à contrats multiples, intégrant des équipementiers à faible coût et souvent à faible technologie (probablement originaires de l'Inde). CIMAF, l'installation de broyage, a également incorporé une technologie ancienne, composée d'un broyeur à boulets en circuit fermé avec séparateur et d'une flexibilité opérationnelle limitée.

L'usine de Dangote est de loin l'usine de production la plus avancée au Congo, tant en termes de capacité que du niveau de son process et de ses installations mécaniques et électriques:

Dangote eux-mêmes déclarent que « [leur] technologie moderne comprend des équipements de contrôle de la pollution, des systèmes de contrôle de la qualité en ligne et un système d'exploitation de premier plan (Siemens). Leur technologie de pointe comprend la surveillance continue de tous les paramètres de qualité des intrants. Cela se produit à chaque étape grâce à des analyseurs à courroie transversale et XRF, en utilisant la technologie d'échantillonnage en ligne du laboratoire ROBO créée par la technologie FLSmidth. « Pendant ce temps, toutes

les opérations de notre salle de contrôle centrale sont coordonnées à l'aide de la technologie de Siemens – cela transforme notre industrie et nous différencie des autres producteurs de ciment au Congo. »¹¹

Les principaux équipements environnementaux associés aux installations de production, englobant les effluents gazeux et liquides comme suit :

	Cimaf Makola	Dangote Mfita	Diamond Mindouli	Forspak Doliste	SONOCC** Loutété
Gaseous emissions					
Particulate (Process Dedusting)					
Klin/Raw mill	n/a	conditioning tower & baghouse	conditioning tower & baghouse	conditioning tower & electrostatic precipitator baghouse	conditioning tower & electrostatic precipitator baghouse
Coal mill	n/a	baghouse	baghouse	baghouse	baghouse
Clinker cooler	n/a	electrostatic precipitator baghouse	electrostatic precipitator baghouse	electrostatic precipitator baghouse	electrostatic precipitator baghouse
Cement mill	baghouse	baghouse	baghouse	baghouse	baghouse
Particulate (Nuisance)					
	n/a	pulse jet baghouses	pulse jet baghouses	pulse jet baghouses	pulse jet baghouses
Nitrogen oxides (NOX)					
	n/a	no abatement known measures (likely low NOx burners)	no abatement known measures (likely low NOx burners)	no abatement known measures	no abatement known measures
Sulphur oxides (SOX)					
	n/a	no known abatement measures	no known abatement measures	no known abatement measures	no known abatement measures
Liquid effluent					
Process water (open or closed circuit)	unknown	unknown	unknown	unknown	unknown

Figure 10 – Technologies de contrôle de l'environnement – observation visuelle sur photos publiques

Il convient de noter l'existence précipitateurs électrostatiques de technologie désuète pour le dépoussiérage du four et autres installations dans les usines FORSPAK et SONOCC. Toutes les installations intégrées utilisent des précipitateurs électrostatiques pour le dépoussiérage des gaz émanant des refroidisseurs clinker. Il est peu probable, si l'on considère une maintenance inférieure à la moyenne, que les précipitateurs électrostatiques installés puissent atteindre durablement le seuil d'émission de particules généralement accepté de³⁰ mg/Nm³ (ni 50 mg/Nm³ conformément aux directives EHS de la Banque mondiale et de l'IFC).

Les tours de conditionnement de gaz installées en amont du four et des broyeurs sont considérées comme un goulot d'étranglement opérationnel pour toutes les installations de production intégrées. Elles constituent également un grand consommateur de ressources en eau (nous notons qu'une tour de conditionnement est généralement nécessaire pour le conditionnement des gaz de procédé si des précipitateurs électrostatiques obsolètes sont utilisés pour le dépoussiérage des gaz de four, comme cela semble être le cas pour FORSPAK et SONOCC).

Aucune des installations de production intégrées ne présente de système de dérivation de gaz de four. En tant que tels, les cycles d'alcali et/ou de soufre internes au système de four ne semblent pas poser de problèmes dans les processus de production. Aucun système de réduction de l'oxyde de soufre par exemple par injection de chaux ou épurateurs n'est observé.

Il est également noté que, d'un point de vue opérationnel, le remplacement traditionnel du combustible par l'AFR, sans système de dérivation du gaz de four, est généralement limité à

¹¹ <https://www.africaoutlookmag.com/company-profiles/1265-dangote-cement-congo>

10 à 15% des besoins totaux en énergie thermique du process (flux de déchets solides industriels ou municipaux constitués de plastiques). On ne peut s'attendre à des gains aussi importants de la substitution de combustible thermique dans aucune des installations sans investissement en capital supplémentaire.

Il est peu probable qu'un système de réduction des oxydes d'azote (NOx) ait été installé dans l'une des usines, par exemple réduction sélective non catalytique (SNCR). On peut raisonnablement supposer que Dangote et Diamond ont installé des brûleurs principaux à faible émission de NOx dans leur systèmes de fours. FORSPAK et SONOCC n'ont pas de brûleurs à faible teneur en NOx et donc des émissions atmosphériques de NOx plus élevées. Étant donné que le charbon sud-africain est principalement utilisé comme combustible thermique primaire, il est peu probable que l'une des centrales électriques propres atteigne le seuil actuel de 600 mg / Nm³ pour les émissions de NOx conformément aux directives EHS de la Banque mondiale / IFC.

5 RESSOURCES ET RÉSERVES DE MATIÈRES PREMIÈRES

Le secteur du ciment est une industrie d'extraction et de transformation des minéraux. La sécurisation des réserves minérales pour assurer les opérations à long terme est une activité stratégique qui est normalement continuellement suivie par la Direction Générale.

La production intégrée de ciment est gourmande en ressources et dépend de la disponibilité à long terme des matières premières, en particulier du calcaire, le principal composant de la matière première. Cette disponibilité des matières premières est évaluée par rapport aux normes internationales, en termes de qualité, de quantité et de potentiel d'exploitation au moment de la construction de l'installation. Les réserves minérales exclusives (contrôlées) comprennent généralement les composants qui constituent >10 à 15 % des matériaux utilisés comme intrants pour la production de ciment. Il s'agit généralement de calcaire constituant 80-85% de l'apport de matière première et d'argile constituant 15-20% de l'apport de matière première. Aux fins du présent rapport, seule la matière première calcaire a été évaluée, car l'argile peut généralement être achetée au niveau régional.

La classification des minéraux est complexe. Des organismes internationaux ont tenté d'aligner les systèmes de classification des minéraux propres à chaque pays.

Deux méthodologies bien établies existent. Tout d'abord, le comité international de gestion des déchets miniers (**CRIRSCO**), dont les membres comprennent la plupart des grands pays exploitants de minéraux dont les systèmes de classification¹² des minéraux suivent

¹²Le Code australien pour la déclaration des résultats d'exploration, des ressources minérales et des réserves de minerai, joint ore Reserves Committee www.JORC.com (Australie), le Code sud-africain pour la déclaration des ressources minérales et des

généralement le CRIRSCO. CRIRSCO est une méthodologie basée sur une double définition, c'est-à-dire que les normes CRIRSCO exigent des rapports sur les ressources basées directement sur les données géo-métallurgiques et les qualifications des personnes compétentes.

Il existe trois catégories pour les ressources minérales (présumées, indiquées et mesurées) et deux catégories pour les réserves minérales (probables et prouvées).

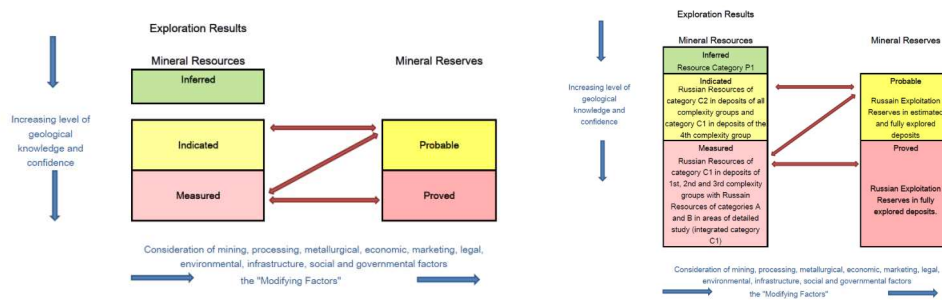


Figure 11 : (L) Classification des minéraux CRIRSCO et (R) Tableau comparatif russe NAEN¹³

La deuxième méthode de classification des minéraux est le Cadre des Nations Unies pour la Classification des énergies fossiles et des ressources minérales (**CCNU**) qui combine trois composantes : la viabilité socio-économique (E), la faisabilité du projet (F) et les connaissances géologiques (G) dans un système de classification tridimensionnel de 48 catégories différentes de ressources minérales.

réserves minérales (SAMREC), le Guide PME pour la communication des résultats d'exploration des ressources minérales et des réserves minérales (États-Unis), les normes de définition cim pour les ressources minérales et les réserves minérales (Canada), perc Pan European Reserves and Resources Reporting Commission (Europe), CODE RUSSE NAEN pour la communication publique des résultats d'exploration, des ressources minérales et des réserves minérales (Russie), Code de déclaration KAZRC Kazakhstan, CBRR (Brésil), Code de certification pour les perspectives d'exploration, les ressources minérales et les réserves de minerai (Chili et Pérou), etc.

¹³ <https://www.micon-international.com/mineral-resource-reporting-differences-between-cim-jorc-and-others/>

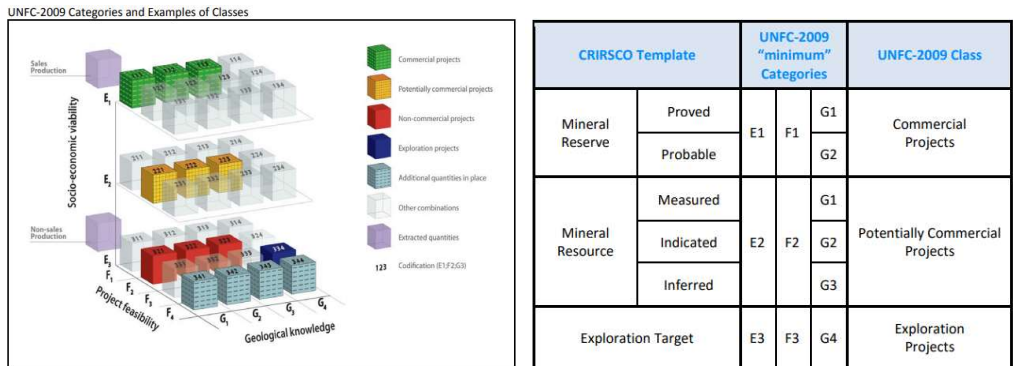


Figure 12 : (L) United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Resources (CCNU 2009) - Vue d'ensemble ¹⁴ et (R) Corrélation avec CRIRSCO

Une corrélation entre le **CRIRSCO** et la **CCNU** pour la classification des minéraux a été établie et alignée en 2009 sur les classifications suivantes : ressources minérales (équivalent présumé CCNU 223, indiqué 222, mesuré 221) et réserves minérales (prouvé 111, probable 112). Le cadre de la CCNU comprend les projets non commerciaux et non viables ainsi que les projets commerciaux.

Les réserves minérales prouvées et probables, et non les ressources, couvrent généralement une période d'exploitation prospective qui se traduit par un rendement adéquat du capital investi.¹⁵ Cela peut être considéré comme reflétant la période d'amortissement typique des actifs industriels lourds, en moyenne 25 ans.

Les ressources minérales (dédites, indiquées et mesurées) sont un inventaire réaliste des composants minéraux qui pourraient, en tout ou en partie, éventuellement devenir économiquement extractibles, c'est-à-dire une forte probabilité de conversion en réserves (probable ou prouvée). Conformément au Comité paneuropéen de rapport sur les réserves et les ressources, membre de CRIRSCO, les ressources minérales couvrent généralement une période supérieure à 50 ans ¹⁶ pour les matières premières en vrac. D'un point de vue économique, cela peut être interprété comme (i) des matériaux adéquats pour couvrir la période d'amortissement d'une installation d'industrie lourde, c'est-à-dire 25 ans et (ii) la fin de la durée de vie utile de l'installation de 30 à 50 ans (alternativement, 25 ans de réserves pour la période initiale d'amortissement de l'installation plus 25 ans supplémentaires pour un ajout de capacité égal).

Des références supplémentaires sont facilement disponibles concernant les réserves minérales de calcaire généralement nécessaires pour assurer des opérations commerciales

¹⁴ http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/CCNU/UNFC_specs/Revised_CRIRSCO_Template_UNFC_Bridging_Document.pdf

¹⁵ Norme de déclaration PERC 2017 www.percstandard.eu

¹⁶ Norme de déclaration PERC 2017 www.percstandard.eu

durables dans le secteur du ciment, par exemple, l'évaluation du profil minéral du British Geological Survey des matières premières de¹⁷ ciment indique :

"... La politique actuelle dans les lignes directrices sur la planification minérale (recommandation numéro 10 Fourniture de matières premières pour l'industrie du ciment) est que le stock de réserves autorisées devrait fournir un approvisionnement d'au moins 25 ans pour une nouvelle usine ou un nouveau four. Ailleurs, le stock de réserves autorisées devrait être d'au moins 15 ans... »

Il existe toujours des variations de classification entre les ressources et les réserves et les tonnages correspondants en raison de

1. la classification propre à chaque pays utilisée (où la plupart des critères internationalement reconnus sont similaires, c'est-à-dire basés sur CRIRSCO), et
2. les qualifications de la personne compétente qui effectue l'évaluation, c'est-à-dire le géologue et l'ingénieur géologue impliqués dans l'interprétation géologique et l'évaluation correspondantes du gisement minéral.

Il est probable que Dangote dispose d'une étude complète sur les matières premières. Mais il est cependant peu probable que FORSPAK et Diamond) en disposent. SONOCC disposera d'études de matières premières disponibles pour son gisement de matières premières calcaires, qui est basé sur l'exploitation à long terme de celles-ci.



Figure 14 – Emplacements des dépôts de matières premières (calcaire) (par rapport aux usines) – Dangote, (photo non disponible) (gauche) Diamant, (milieu) FORSPAK, (droite) SONOCC (usine verte, dépôt rouge)

Dangote, Diamond et FORSPAK ont tous leurs gisements de calcaire respectifs situés à proximité de leurs usines. Le gisement de calcaire SONOCC semble être situé à >10 km du site de l'usine. C'est un désavantage concurrentiel, ainsi que l'EHSS.

6 ÉNERGIE – APPROVISIONNEMENT ET UTILISATION

La production de ciment nécessite beaucoup d'énergie tant en termes d'énergie thermique qu'électrique. Au sein des installations intégrées de production de ciment, la combinaison de la consommation d'énergie thermique spécifique (SETC) et de la consommation spécifique d'énergie électrique (SEEC) constitue généralement 50 à 60% des coûts totaux de production.

¹⁷ BGS mineral Profile Cement Raw Materials, 2005 §6.2



Les besoins en énergie thermique sont principalement associés à la transformation des composants de la matière première, par exemple le calcaire et l'argile, en un clinker de produit intermédiaire à travers un système de four. Les besoins en énergie électrique sont principalement associés aux trois principaux processus de broyage dans le processus de fabrication du ciment, le broyage des matières premières, le broyage du charbon et le broyage du ciment. Des technologies de pointe pour les systèmes de traitement pyrotechnique ainsi que les systèmes de broyage sont présents depuis le milieu des années 1970 et ont généralement été mises en œuvre depuis le milieu des années 1980. En général, la technologie de pointe consiste en des systèmes de préchauffage / précalcination à 5 étages minimum, avec des refroidisseurs de clinker à haut rendement énergétique et des systèmes de broyage à haut rendement énergétique, par exemple des broyeurs à rouleaux verticaux, des cylindres de broyage à haute pression (presses à rouleaux, ou combinaisons, et Horomills).

Face à l'absence de développements technologiques, de l'augmentation des coûts de l'énergie et de l'attention accrue portée à la réduction de l'empreinte carbone à l'échelle mondiale, l'industrie du ciment s'est concentrée en priorité sur les paramètres opérationnels suivants au cours des dernières décennies :

- Utilisation complète de la capacité
 - Amélioration des période opérationnelles à 85 à 90 % du temps disponible annuel,
 - Désengorgement des processus et des équipements afin d'atteindre les niveaux de production spécifiques maximaux atteignables tant de chacune des étapes du processus que de l'installation dans son ensemble.
- Coût optimisé de l'énergie thermique :
 - STEC grâce à l'optimisation des processus et des opérations
 - Changement de l'approvisionnement traditionnel en énergie thermique à base de carbone pour réduire le coût spécifique par unité d'énergie (\$/GJ). Généralement, dans l'ordre du coût d'énergie du plus bas au plus élevé : coke de pétrole, charbon traditionnel, charbons de faible qualité, gaz naturel, fioul lourd (HFO), mazout léger (LFO). Le coke de pétrole et le charbon étant les combustibles traditionnels prédominants utilisés dans l'industrie,
 - Substitution traditionnelle des combustibles thermiques par des carburants de remplacement provenant de flux de déchets industriels, municipaux ou agricoles. Dans le passé, l'accent a été mis sur le rendement financier, alors qu'actuellement, les AF sont sélectionnés en fonction de multiples facteurs socio-économiques, notamment le rendement financier, la gestion intégrée des déchets et la performance environnementale, c'est-à-dire neutre en carbone ou basé sur le crédit carbone.

- Coût optimisé de l'énergie électrique :
 - Amélioration du SEEC grâce à l'optimisation opérationnelle,
 - Approvisionnement en énergie électrique par la source la plus rentable. Dans les pays ayant un mix énergétique adapté et une disponibilité adéquate, il est courant que le réseau public soit une source plus rentable que la production captive d'électricité (CPP). Il convient de noter qu'à partir de (COP 26) (Communautés de pratique 2026 en Écosse, le financement de la production captive d'électricité alimentée par le charbon thermique est de plus en plus difficile.
 - Schémas de délestage pendant les périodes de pointe.
 - Récupération d'énergie (thermique à électrique) par des systèmes de récupération de chaleur résiduelle et/ou de cogénération,

En ce qui concerne les stratégies optimisées en matière d'énergie électrique et thermique, un exemple de modèle industriel croisé à facteurs multiples peut être représenté comme indiqué ci-dessous. La définition du développement industriel futur de l'industrie du ciment, en ce qui concerne l'énergie, au niveau du gouvernement et/ou des associations nationales de ciment, permettrait un alignement des stratégies interindustrielles qui pourraient tenir compte de multiples facteurs socio-économiques au Congo, par exemple l'autosuffisance énergétique, la réduction de l'empreinte carbone et la gestion des déchets.

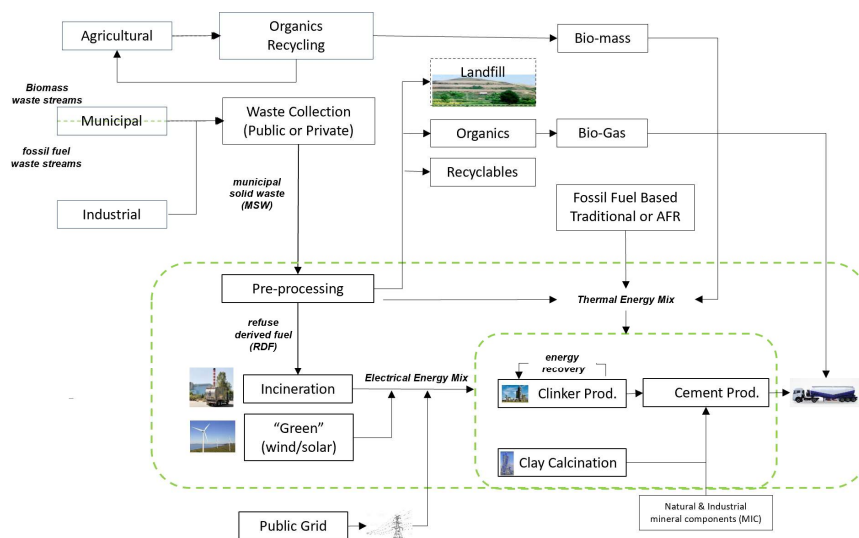


Figure 15 - Exemple d'un exemple industriel croisé de technologie moderne dans les pays émergents couplant des flux de déchets municipaux, industriels et agricoles à l'industrie du bâtiment (complexe industriel du ciment)

7 PROJECTION DE GAZ À EFFET DE SERRE

Selon le Plan d'intervention pour l'assistance technique il est indiqué : « En 2014, la production de ciment en République du Congo fournie par deux cimenteries (Société Nouvelles des Ciments du Congo - SONOCC et la société FORSPAK INTERNATIONAL CONGO) s'élevait à environ 190 911 250 tonnes. »

Ainsi, en 2014, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) ont atteint 93,3324 Gg CO₂eq (soit 93'332,4 tonnes de CO₂). C'était avant la mise en service des usines CIMAF, Dangote et Diamond. Toujours en 2014, la production des usines FORSPAK et SONOCC était de 190'911,25 tonnes de ciment. Si nous supposons un facteur de clinker de 96 % (c'est-à-dire 4 % de gypse et aucun autre minéral dans le ciment), cela signifierait que 183'275 tonnes de clinker ont été produites dans les 2 usines. Cela équivaldrait à une émission spécifique de CO₂ (matières premières) 2014 de 0,509 t CO₂ / t clinker.

Le tableau suivant montre une comparaison entre les résultats de 2014 déclarés par le CTCN à partir d'enquêtes précédentes menées par des tiers, et les calculs du consultant dans ce rapport d'évaluation. Un fait important à mentionner à ce stade est que les résultats de 2014 ont été calculés sur les émissions de CO₂ basées sur les matières premières uniquement. Le consultant inclut dans une ligne séparée les émissions de CO₂ provenant également de l'énergie thermique. Ceci est significatif dans le secteur du ciment en général.

Une comparaison entre l'estimation de 2014 (fournie par le plan d'intervention du CTCN tel que développé par des tiers) et les calculs du consultant pour 2021 montre une bonne similitude. L'estimation de 2014 indique une émission nationale de 93,3 tonnes de CO₂/an, tandis que le calcul du consultant pour 2021 arrive à une estimation de 92,9 tonnes de CO₂/an.

Notez à nouveau qu'il s'agit du CO₂ provenant des matières premières, des usines FORSPAK et SONOCC, avec des approximations ou des estimations des tonnages et des facteurs de clinker pour toutes les usines. En d'autres termes, il s'agit d'une comparaison à périmètre constant.

2014 Sonocc + Forspak	Source	Unit	Quantity
Cement Production 2014	CTCN	t cem/year	190,911
Clinker Factor (assume 4% gypsum only, no other minerals) 2014	Estimated		0.96
Clinker Production 2014	Calculated	t cli/year	183,275
Total CO2 emissions 2014	CTCN	Gg CO2/year	93.3324
Total CO2 emissions 2014	Calculated	t CO2/year	93,332.4
Specific CO2 emissions (Raw Materials) 2014	Calculated	t CO2/t cli	0.509
Tier 1 (Cemcon 2021) Sonocc and Forspak	Source	Unit	Quantity
Tier 1 Specific CO2 Emissions from Raw Materials 2020	Calculated	t CO2/t cli	0.507
Tier 1 Specific CO2 Emissions from Fuel 2020	Calculated	t CO2/t cli	0.269
Tier 1 Specific CO2 Emissions from Raw Materials and Fuel (2020)	Calculated	t CO2/t cli	0.776
Tier 1 (Cemcon 2021) Sonocc and Forspak	Source	Unit	Quantity
Tier 1 Gross CO2 Emissions from Raw Materials 2020	Calculated	t CO2/year	92,920.3
Tier 1 Gross CO2 Emissions from Fuel 2020	Calculated	t CO2/year	49,300.9
Tier 1 Gross CO2 Emissions from Raw Materials and Fuel (2020)	Calculated	t CO2/year	142,221.2

Figure 17 – Comparaison des émissions de CO2 de 2004 par rapport aux émissions de CO2 de 2021 (à données comparables i.e. seulement Forspak and SONOCC)

Le plan de réponse du CTCN mentionne également qu'au cours des dernières années, la République du Congo a entamé le processus de révision de sa "Contribution Nationale Déterminée (CDN)". Cette CDN sera soumise à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Lors du troisième Congrès national, les émissions de gaz à effet de serre ont été estimées avec la méthode Tier 1 et les experts en GES du secteur PIUP montrent que le secteur industriel du ciment est une source clé de GES en République du Congo.

Cependant, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) recommande aux pays parties à la CCNUCC de s'efforcer de passer des méthodes de niveau 1 aux méthodes de niveau 2 et 3, plus élevées, afin d'obtenir des résultats plus réalistes et plus complets de leur IGES au niveau national.

Les émissions de CO2 sont calculées selon trois niveaux.

Le niveau 1 est une approximation très rapide utilisant un chiffre standard pour calculer les émissions des matières premières et des chiffres de haut niveau de la consommation de carburant de l'usine.

Les calculs de niveau 2 sont également effectués en utilisant un peu plus de précision en utilisant la teneur connue en CaO du clinker et en pondérant les différents types de clinker. Les contributions provenant de sources de carburant se font de la même manière que pour le niveau 1.

Ce rapport se concentre sur les calculs de niveau 1 et de niveau 2 basé sur les informations disponibles.

Les calculs de niveau 3 ne peuvent être effectués que lorsque les données appropriées sont mises à disposition par chacune des 5 usines. Cela sera fait dans un prochain rapport (livrable 4.2).

7.1 Calcul des émissions de CO₂ (niveau 1)

Pour le composant Matière première, la méthode Niveau 1 utilise la valeur par défaut du GIEC pour la fraction de chaux dans le clinker, qui est de 64,6 %. Il en résulte un facteur d'émission de 0,507 tonne de CO₂/tonne de clinker. C'est la même chose pour toutes les usines.

Pour la composante Combustible, le calcul est basé sur la consommation de chaleur des fours, le type de combustible utilisé, le pouvoir calorifique du combustible utilisé (par exemple charbon bitumineux ou fioul lourd, ainsi qu'un facteur(https://www.cement-co2-protocol.org/v3/Content/Internet_Manual/constants.htm) de l'IPPU pour t CO₂ / GJ.

7.2 Calcul des émissions de CO₂ (niveau 2)

La méthode Niveau 2 consiste à calculer la concentration moyenne de chaux dans le clinker en collectant des données sur la production de clinker et la fraction de chaux par type de clinker.

Le niveau 2 ne diffère du niveau 1 que par le fait que les valeurs réelles de CaO dans le clinker doivent être utilisées et qu'une moyenne pondérée doit être calculée en fonction des quantités de différents types de clinker. Dans le cas de la République du Congo, chaque usine ne fabriquant qu'un seul type de clinker le calcul reste simple.

En République du Congo, Dangote et FORSPAK ne produisent qu'un seul type de clinker et on suppose qu'aucun clinker n'est acheté ou vendu de/vers d'autres usines. Par conséquent, aucune moyenne pondérée de la fraction de chaux (CaO) n'est utilisée dans le calcul.

Les usines de Dangote et de FORSPAK ont fourni des données et le calcul est basé sur la dernière année complète de production 2020. Étant donné que les données sur les usines Diamond et SONOCC n'étaient pas disponibles, le pourcentage de CaO (en clinker) utilisé dans le calcul était la valeur par défaut du GIEC de 64,6 %.

La production nominale de clinker et les émissions brutes de CO₂ (nominales) ajoutées dans le tableau ci-dessus génèrent exactement les mêmes commentaires que ceux déjà mentionnés dans la section Niveau 1.

7.3 Calcul des émissions de CO2 (niveau 3)

Niveau 3 – Les émissions sont basées sur les intrants de matières premières carbonatées dans le four (industrie) et sur les intrants de combustible dans le four et utilisés dans d'autres parties de la cimenterie (énergie).

Les émissions Niveau 3 sont basées sur la collecte de données désagrégées sur les types (compositions) et les quantités de carbonates consommés pour produire du clinker, ainsi que sur les facteurs respectifs d'émissions de carbonates consommés. Le carburant est également considéré séparément, puis les deux sont additionnés pour calculer les émissions de CO2 de l'usine.

Les méthodes de niveau 1 et de niveau 2 donnent des approximations rapides des émissions de CO2 sur la base de la teneur en chaux (% de CO2) du clinker, ce qui donne des émissions de CO2 comprises entre 0,507 et 0,520 t d'émissions de CO2 par tonne de clinker produite. La méthode de niveau 3 est plus rigoureuse et plus détaillée, avec une contribution supplémentaire importante provenant du combustible, c'est-à-dire que les évaluations de niveau 3 aboutiront toujours à un niveau d'émission de CO2 plus élevé que les niveaux 1 et 2. À ce stade, les auteurs estiment que les émissions totales de niveau 3 pour les usines de la République du Congo se situent entre 0,760 et 0,860 t d'émissions de CO2 par tonne de clinker produite.

Les calculs de niveau 3 nécessitent également des informations beaucoup plus détaillées de la part des usines, par exemple, les achats et les ventes de clinker, les changements de stock, l'utilisation d'une centrale captive, le combustible utilisé à différents stades de la production, par exemple, la carrière, la quantité et les caractéristiques des différents combustibles, etc.

Il sera également important que les émissions brutes (tpa CO2) de l'usine soient bien incluses dans le calcul, de même que les émissions spécifiques de CO2 pour les produits cimentiers (t CO2 par tonne de produit cimentaire).

Les calculs de niveau 3 seront effectués comme décrit plus avant dans le document.



Figure 24 – (L) Norme de comptabilisation et de déclaration du CO₂ et de l'énergie pour l'industrie du ciment, version 3.0, mai 2011, (R) The Cement Sustainability Initiative, Cement Industry Energy and CO₂ Performance, Getting the Numbers Right, 2016

Pour des raisons de clarté (et de différenciation), les estimations d'émissions décrites dans les deux documents susmentionnés englobent généralement la méthodologie suivante :

Niveau 1 (matières premières uniquement)

La méthode de niveau 1 utilise la production de clinker et une valeur par défaut pour le %CaO dans le clinker en utilisant la formulation générale suivante :

Valeur par défaut value pour le %CaO in clinker = 64.6%) X (poids moléculaire du CO₂ = 44.01 g/mol) / (100% x poids moléculaire du CaO = 56.08 g/mol)

Ce qui précède donne 0,507 t CO₂/t de clinker. À titre d'exemple, si une installation produit 80 ktpa de clinker, les émissions brutes de l'industrie seraient de (80'000 x 0,507) = 41'580 t CO₂ par an.

Niveau 2 (matières premières uniquement)

La méthode de niveau 2 utilise la production de ciment et la valeur réelle du % de CaO dans le clinker.

(Valeur réelle du % de CaO dans le clinker = par exemple 64,94%) X (Poids moléculaire du CO₂ = 44,01 g/mol) / (100% x Poids moléculaire du CaO = 56,08 g/mol)

Ce qui précède aboutit à 0,510 t de CO₂/t de clinker. À titre d'exemple, si une installation, par exemple Dangote, produit 396 000 tonnes de ciment avec un facteur clinker/ciment de 0,81 t-cli/t-cem, il en résulterait une production de clinker de 320 600 t et une émission brute de CO₂ de 163 388 t CO₂, soit 320 600 t-cli multipliées par 0,507 t CO₂/ t-cli.



Niveau 3 (contribution des matières premières et de l'énergie thermique)

La méthode de niveau 3 pour les émissions de CO₂ provenant de la production de ciment est plus détaillée et est réalisée sur la base des volumes de matériaux et de la chimie (matières premières et combustibles) et évaluée dans une feuille de données. Les volumes de matériaux et la chimie sont facilement disponibles dans le cadre des procédures opérationnelles normalisées pour la fabrication du clinker et du ciment, par exemple, les flux de volumes de matériaux provenant des opérations et la chimie provenant du laboratoire.

Les points suivants illustrent les données et les informations requises des installations de production pour réaliser une évaluation de niveau 3.

- Quantité et chimie des matériaux.
 - o Production de clinker, importations, exportations, variations des stocks, etc.
 - o Utilisation de composants minéraux dans le ciment comme le gypse, le calcaire, la pierre ponce, la pouzzolane, etc.
 - o Production de ciment, achats, échanges, variation de stock, etc.
 - o Carbone organique dans la matière première / farine brute (une valeur par défaut peut être utilisée si la valeur réelle n'est pas connue).
 - o Pourcentage de CaO et MgO dans la matière première / farine brute et le clinker.
 - o Rapport matière première (farine) / clinker
 - o Quantité de poussière de four quittant le système de four.
 - o Utilisation de combustibles
 - Combustible traditionnel utilisé en termes de type (charbon, pétrole, gaz), valeur thermique, quantité utilisée (corrigée).
 - Combustible alternatif utilisé en termes de type (coke de pétrole, plastiques, huiles, matières organiques), valeur thermique, quantité utilisée (corrigée).
 - STEC pour les processus thermiques primaires et secondaires, c'est-à-dire kcal/kg-clinker et générateurs de gaz chauds (GGV) pour le séchage des matériaux.
 - Utilisation de combustible pour la production d'électricité dans l'usine (CPP).

Par exemple, une évaluation détaillée du CO₂ dans le cadre du niveau 3 tiendrait compte de la contribution des matières premières et du combustible avec la gamme de résultats suivante (ordre de grandeur pour le moment car les volumes et la chimie détaillés des matériaux n'ont pas été fournis) ; Résultats typiques (niveau 3).

- Émissions de CO₂ provenant des matières premières (0,500 - 0,52 t CO₂/t de clinker).

- Émissions de CO₂ provenant de la consommation de combustible (0,25 - 0,34 t CO₂/t de clinker).
- Émissions globales de CO₂ liées à la production de ciment (0,76 - 0,86 t CO₂/t de clinker).

8 ENVIRONNEMENT, SANTÉ, SÉCURITÉ ET SOCIAL (EHSS)

L'industrie du ciment est un investissement en capital élevé à long terme, qui contribue au produit intérieur brut d'un pays spécifique et au développement global associé aux infrastructures, aux bâtiments et structures résidentiels, commerciaux et industriels.

Les matières premières sont extraites et transformées dans le même pays et/ou la même région que les produits finaux vendus. Cela différencie l'industrie du ciment intégrée de l'extraction minérale traditionnelle (exploitation minière) et des industries manufacturières pures dans lesquelles l'approvisionnement en matières premières, la fabrication et la vente de produits sont souvent situés dans des régions géographiques variées du monde.

L'industrie du ciment est énergivore, et elle contribue de manière significative aux émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les principaux moteurs d'émissions gazeuses sont associés à la chimie de la production de ciment à savoir la décarbonisation du carbonate de calcium (CaCO₃ à CaO et CO₂) et les besoins en énergie thermique pour faciliter ce processus de transformation. L'énergie électrique, utilisée pour tous les procédés de broyage industriels, constitue l'autre facteur d'émission primaire majeur

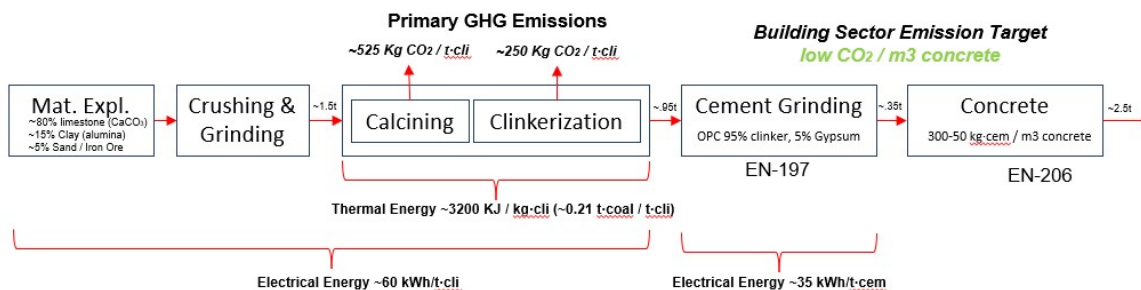


Figure 25 – Ciment au béton – schéma de traitement – flux de matériaux, d'énergie et d'émissions. Facteurs indicatifs d'émissions primaires et secondaires de CO₂ de la fabrication du ciment et des leviers socio-économiques « objectifs d'émissions du secteur du bâtiment »

Comme les produits de l'industrie du ciment sont directement vendus sur les marchés locaux et régionaux entourant le point d'extraction et de fabrication, il y a un impact socio-économique important sur les communautés environnantes. En plus de l'activité socio-économique associée aux installations de production de ciment, le secteur du bâtiment (en aval de la fabrication) peut tirer parti de l'industrie du ciment, en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre et l'atténuation, en particulier par le biais de normes et de standards nationaux

sur le ciment (un levier majeur de réduction du facteur de clinker) et des normes d'application du bâtiment et du béton (un levier pour l'application de bâtiments et de matériaux adaptés à l'usage).

L'impact socio-économique de l'industrie est important. En conséquence, l'aspect environnemental, sanitaire, sécurité et social (EHSS) de la production de ciment dans les installations de fabrication, les communautés environnantes et le pays dans son ensemble est considéré comme pertinent dans l'évaluation des usines prioritaires en République du Congo.

Certaines des principales considérations EHSS associées aux installations de production de ciment au Congo comprennent, non exclusivement, les suivantes :

Environnement

- Planification de l'utilisation des sols et de la réhabilitation à long terme,
- Prise en compte et utilisation des technologies de traitement modernes et des équipements pour les processus d'exploitation et de fabrication,
- Mesures de contrôle et de réduction de l'environnement,
- Approvisionnement et utilisation de l'énergie thermique et de l'énergie électrique,
- Émissions de gaz à effet de serre, par exemple les niveaux d'émissions spécifiques et brutes de CO₂,
- Autres émissions gazeuses (NO_x, SO₂, etc.) et y compris les particules,
- Utilisation de carburants alternatifs et de matières premières (AFR),
- Utilisation efficace et prudente des ressources naturelles renouvelables et non renouvelables, par exemple les matières premières, la gestion de l'eau.

Santé

- Bruit et niveaux de poussière fugitive et impact sur la communauté,
- Soutien en santé communautaire (et en éducation),
- Gestion des déchets (effluents solides, liquides et matières dangereuses)
- Gestion des ressources en eau (eaux souterraines et de surface)
- Sécurité
- Prévention des accidents, surveillance (type, fréquence, gravité, etc.) et mesures d'amélioration et des lieux d'extraction et de fabrication.
- Logistique directe et indirecte entrante et sortante (trafic routier, ferroviaire, maritime, etc.).

Social



- Proximité de l'extraction et de la fabrication avec les communautés locales et/ou les secteurs protégés
- Effet sur l'habitat humain (à court et à long terme)
- Niveaux d'emploi direct et indirect
- Engagement communautaire direct et indirect en termes de système social et de mécanismes (éducation, soins de santé communautaires, etc.)
- Avantages socio-économiques (considérations locales régionales et nationales)
- Engagement des parties prenantes
- Recours communautaire / mécanisme d'engagement, par exemple gestion des plaintes: émissions, bruit, vibrations, odeur

Bien qu'au-delà de la portée de ce rapport, il convient de faire les observations suivantes relatives à l'EHSS.

- Ciment de l'Afrique (CIMAF) est une filiale de l'Omnium des Industries et de la Promotion (OIP), société panafricaine basée au Maroc, associée au groupe de matériaux de construction / ciment Ciment d'Atlas (CIMAT). Le CIMAF est présent dans 11 pays d'Afrique de l'Ouest. Anas Sefriou, président du conseil d'administration et PDG d'OIP, a déclaré les objectifs du CIMAF comme suit : « Nous sommes impatients d'étendre nos activités en Afrique et de faire notre part dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, c'est pourquoi, dans le cadre de cette transaction, nous travaillons avec IFC pour améliorer davantage les aspects climat, durabilité et décarbonisation de nos cimenteries. »¹⁸
- L'installation de Dangote est associée à un grand conglomerat africain dédié au développement socio-économique de l'Afrique. Le groupe basé au Nigéria se concentre clairement sur « La construction de la prospérité et de l'autosuffisance à travers¹⁹ l'Afrique » avec son président du conseil d'administration Aliko Dangote soutenant « Les 7 piliers de la durabilité sont au cœur de The Dangote Way, ce qui reflète mon engagement personnel à construire une entreprise socialement responsable et percutante qui sert toutes les parties prenantes ».
- Diamond Cement est un producteur indien qui est également un acteur important en Afrique. Selon leur site Web « Diamond Cement Group Africa produit plus de 7 millions de tonnes de ciment et de clinker et 100 000 tonnes d'acier opérant dans 13 pays d'Afrique. Le Groupe fournit des emplois directs à 5 000 personnes et des emplois indirects à 10 000 personnes en Afrique. » Diamond semble investir en Afrique à long terme.

¹⁸ <https://www.proparco.fr/en/actualites/ifc-proparco-and-eaif-invest-cement-producer-cimaf-meet-rising-demand-west-africa>

¹⁹ [Durabilité \(dangote.com\)](#)



- FORSPAK et SONOCC sont tous deux majoritairement détenus par des Chinois. Ces deux organisations sont probablement la chaîne d’approvisionnement à court terme / source de matériaux de construction clés pour plusieurs projets de construction chinois à grande échelle en République du Congo. À titre d’exemple, le « propriétaire » de FORSPAK est Hunan Communication & Water Conservancy Group Ltd. (HNCC), avec une entreprise de construction étrangère Hunan Road & Bridge Construction Group Co. Ltd. Congo (Brazzaville) ayant une adresse de référence à Cotonou, Bénin ; cette société ayant récemment construit la route nationale n ° 1 en République du Congo. La durabilité à long terme et les plans socio-économiques de ces deux organisations ne sont pas disponibles.

Bien que très subjectifs, il semblerait que CIMAF, Dangote et Diamond aient tous deux des objectifs clés à long terme axés sur l’Afrique, de durabilité et socio-économiques, objectifs que FORSPAK et SONOCC ne peuvent avoir compte tenu de leur petite taille.

Annexe : A – Questionnaire de données

Comme condition préalable aux livrables en vertu de ce contrat, le questionnaire de données suivant a été élaboré et distribué aux producteurs de ciment de la République du Congo.

Les données fournies par les différents producteurs de ciment sont résumées à l'annexe B. Des informations limitées ont été fournies par Dangote et FORSPAK. Aucune information n'a été fournie par CIMAF, Diamond ou SONOCC.

Contenu du questionnaire

a) Données sur le site, les matières premières et les combustibles

- Analyse chimique et physique et propriétés des matières premières, des additifs/correctifs et des carburants (analyse historique en laboratoire, minimum 3 ans sous forme de fichiers de travail, c'est-à-dire .xls), les données d'analyse doivent inclure les éléments suivants sous forme d'oxyde SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Na_2O , K_2O . L'analyse des combustibles si du charbon est utilisé doit inclure Cfix, CV net, S, teneur en cendres, teneur en volatiles.
- Analyse chimique et physique et propriétés des carburants alternatifs et des matières premières alternatives utilisées. Pour les carburants de remplacement, si des données suivantes doivent être fournies Cfix, CV net, S, teneur en cendres, teneur en volatiles.
- Résultats de la campagne d'exploration et/ou de forage dans les carrières (planification et évaluation à long terme des ressources et des réserves);
- Conception du mélange cru (repas cru, le cas échéant)
- Types de clinker et de ciment produits et composition (projections historiques et prospectives). L'analyse du clinker doit contenir les éléments suivants sous forme d'oxyde: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Na_2O , K_2O .

b) Données techniques du projet

- Dessin de l'agencement général de l'usine (et ceux des carrières propriétaires),
- Schémas de flux de masse, de gaz et de processus pour le processus de production de ciment.
- Spécifications techniques et dimensionnement des machines principales (concasseurs, broyeurs bruts, préchauffage, calcinateur, four, refroidisseur de clinker, cimenteries, charbonniers, WHRS, emballage et expédition);
- Dessin de l'architecture du système DCS (système de contrôle de processus distribué



par l'usine)

- Schéma monoligne de l'énergie électrique et liste des consommateurs de machines électriques;
- Spécification de la centrale captive et de la centrale auxiliaire (le cas échéant), capacité de production et efficacité (efficacité de conversion de l'énergie thermique en énergie électrique, y compris les pertes d'utilisation interne)

c) Données sur les coûts d'exploitation et de production :

- Volumes de production de clinker et de ciment en termes de types et de niveaux annuels (3 ans historiques et 5 ans de projection prospective).
- Consommation de carburant en termes de carburants traditionnels (par type et volume), carburants alternatifs (par type et volume) (3 ans historiques et 3 ans prospectifs).
- Émissions gazeuses (poussières, NOx, Sox, CO2, etc.) mesurées par des moniteurs d'émissions continus sur toutes les cheminées de procédé principales, c'est-à-dire les cheminées de four/d'usine brute, la cheminée de l'usine de charbon, la cheminée de la cimenterie, la cheminée du CPP (selon le cas) (historique de 3 ans en termes absolus et spécifiques), le cas échéant.
- Consommation d'énergie thermique (STEC) Historique (3 ans) de la centrale déterminée à partir des types de combustibles utilisés et dosés aux systèmes de four et de grillage, y compris les volumes totaux de chaque combustible thermique, la durée de fonctionnement de la centrale (heures) et la capacité de production atteinte.
- Consommation d'énergie électrique spécifique historique (3 ans) de la centrale telle que lue à partir des compteurs de services publics et y compris la durée de fonctionnement (heures) et la capacité atteinte.
- Consommation annuelle d'énergie électrique historique (3 ans) de la centrale telle que lue à partir des compteurs de services publics et y compris la durée de fonctionnement (heures) et la capacité atteinte.
- Consommation historique (2 ans) d'énergie électrique de la centrale telle qu'obtenue à partir des compteurs de services publics sur une base mensuelle. Groupe de processus correspondant (départemental) lectures de consommation d'énergie



électrique (au total) et y compris les temps de fonctionnement (heures) et les niveaux de production (capacité) atteints.

- Consommation historique (1 an) d'énergie électrique de la centrale telle qu'obtenue quotidiennement à partir des compteurs de services publics. Groupe de processus correspondant (départemental) lectures de consommation d'énergie électrique (au total) et y compris les temps de fonctionnement (heures) et les niveaux de production (capacité) atteints.
- Schéma de la ligne unique de la centrale et réseau de distribution d'énergie
- Contrat d'énergie électrique et d'approvisionnement en électricité avec le service public, y compris les tarifs fixes, variables et de pointe.
- Factures d'énergie électrique (résumé) payées pour les scénarios ci-dessus i) base annuelle (3 ans) ii) base mensuelle (2 ans) et iii) quotidienne (si disponible) (base 1 an).
- Profil de la demande d'énergie (kW) mesuré/enregistré au compteur principal entrant du service public d'électricité (généralement un fichier Excel avec par exemple des valeurs d'intervalle de 15 minutes de lectures de kW ou / et de kWh) (base de 1 an)

d) Données logistiques et de marché :

- Distances et délais logistiques (transport) pour les matières premières, le carburant, les additifs/correctifs et le ciment sur le marché, y compris les temps de cycle, le nombre de véhicules et les types de véhicules (type de carburant) (historique de 3 ans)

e) Autres informations sur le projet

- Tous les autres rapports préparés précédemment par le client (ou d'autres) en ce qui concerne le mandat des consultants, par exemple l'évaluation du CO₂ (niveau) et le rapport précédemment publié par le gouvernement.

Annexe : B – Photographies des usines

Les preuves photographiques des cinq installations de production de ciment au Congo ont été obtenues publiquement par les²⁰auteurs.

CIMAF



Figure 27 - (L) vue aérienne du site de l'usine près de Makola, (R) modèle 3D de la facilité CIMAF



Figure 28 – vues latérales de l'installation CIMAF (côtés opposés)

²⁰ Plusieurs sources Internet world wide web (WWW)

Dangote



Figure 29 – (L) Entrée principale de l’usine, (R) Aperçu général de l’usine



Figure 30 – Aperçu général de l’usine



Figure 31 – (L & M) PH/PC, broyeur brut et silo à farine, (R) vue générale de l’usine (depuis l’entrée)



Figure 32 – (L) vue latérale silo à clinker et broyage du ciment, (M & R) tour PH/PC et ligne de four



Figure 33 – (L) Système Siemens PCS 7 DCS (zone brute du broyeur illustrée), (R) Poste de commutation principal 2 transformateurs de 20 MW



Figure 34 – (L) Silos à ciment et zone d'expédition, (M&R) usine d'emballage rotatif et chargeur de camions

Diamond



Figure 35 – Usine de production intégrée de diamants près de Mindouli

FORSPAK



Figure 36 – Installation de production intégrée de FORSPAK près de Dolisie



Figure 37 – Installation de production intégrée de FORSPAK près de Dolisie



Figure 38 – FORSPAK integrated production facility near Dolisie (various views)



Figure 39 – Installation de production intégrée de FORSPAK près de Dolisie (diverses vues). Notez les émissions de particules provenant de la cheminée d'échappement du four/broyeur brut (post-précipitateur)

SONOCC



Figure 40 – Installation de production intégrée SONOCC près de Loutété (Nouvelle ligne de production)



Figure 41 – Installation de production intégrée SONOCC près de Loutété (L) ligne de production existante 1965/2011 (R) Nouvelle ligne de production 2015

Annexe : C - Hypothèses

- I. Un seul type de clinker est fabriqué par usine en République du Congo.
 - II. La majorité du ciment hydraulique est soit du ciment Portland, soit du ciment similaire, qui nécessite du clinker de ciment Portland ;
- L'approche de niveau 2 est basée sur les hypothèses suivantes concernant l'industrie du ciment et la production de clinker :
- III. La composition en CaO du clinker est très limitée et la teneur en MgO est maintenue très basse ;
 - IV. Les usines sont généralement capables de contrôler la teneur en CaO des matières premières entrantes et du clinker dans des tolérances étroites ;
 - V. Même lorsque la production de clinker est calculée par une usine plutôt que mesurée directement, il y a généralement une étroite concordance entre les deux méthodes de détermination lors des audits ;
 - VI. La teneur en CaO du clinker d'une usine donnée a tendance à ne pas changer de manière significative au fil des ans ;
 - VII. La principale source de CaO pour la plupart des usines est le CaCO₃ et, au moins au niveau de l'usine, toutes les principales sources de CaO non carbonatées sont facilement quantifiables.
 - VIII. Un facteur de calcination de 100 % (ou très proche de celui-ci) est atteint pour les intrants carbonatés destinés à la fabrication du clinker, y compris (généralement dans une moindre mesure) les matières perdues dans le système sous forme de CKD. (poussière de four à ciment) (non recyclée).
 - IX. Les dépoussiéreurs de l'usine capturent la quasi-totalité de la poussière de four à ciment, bien que cette matière ne soit pas nécessairement recyclée dans le four.
 - X. Production de clinker de l'usine en 2020 - Calculs détaillés Production de clinker d'usine 2020 – Calculs détaillés

Annexe : D – Glossaire

AFR- Alternative fuel and raw materials

AS – Air swept (ball mill)

CCNUCC - Convention Cadre des Nations pour le changement Climatique

CDN - Contribution Nationale Déterminée

CIMAF - Ciments de l'Afrique (CIMAF) Congo with a cement grinding facility located near Makola - Cement kiln dust / Poussière du four à ciment

Congo or Congo-Brazzaville – The Republican of Congo / *République du Congo* / *Repubilika ya Kôngo*

CKD – cement kiln dust / poussière de four à ciment

CPP – Captive Power Plant / Centrale électrique captive

CSR – Corporate social responsibility

CTCN - Climate Technology Centre & Network / Centre et Réseau de Technologie Climatique

Dangote or Dangote Cement - Dangote Cement Congo with an integrated production facility near Mfila

Diamond - Diamond Cement Congo with an integrated cement production facility located near Mindouli

EDM – End Discharge Mill

EHS - Environment, Health and Safety / Environnement, Santé et Sécurité

EHSS - Environment, Health and Safety and Social / Environnement, Santé, Sécurité et Social

FORSPAK – FORSPAK China International Congo with an integrated production facility near Dolisie

GHG / GES - Greenhouse Gas / Gaz à Effet de Serre

GIEC - Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution Climatique

HFO – Heavy fuel oil / fioul lourd

HGG – Hot gas generator / générateur de gaz chaud

IGHG / IGES - Inventory of Greenhouse Gases / Inventaire des Gaz à Effet de Serre

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IPPU / PIUP - Industrial Processes and Product Use / Procédés industriels et utilisation des produits

LFO – Light fuel oil / fioul léger

N/A – not applicable / sans objet

NDE – National Designated entity (in is context in the object Republic of Congo)

PH/PC – Preheater Precalciner

SNCR – Selective non catalytic reduction

SONOCC - Société Nouvelles des Ciments du Congo with an integrated production facility near Loutété

STEC – Specific thermal energy consumption (expressed in KJ/kg·clinker or Kcal/kg·clinker)

SEEC – Specific electrical energy consumption (expressed in kW/t·material)

TNC / TCN – Third National Communication / Troisième Communication Nationale (La République du Congo)

UNIDO – United Nations Industrial Development Organization

UNK or unk. – Unknown