EVALUATION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE LIEES A L'EXPLOITATION MINIERE : CAS DE SEMAFO BURKINA FASO SA

INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

MASTER 2 EN INGÉNIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION: EAU ET ASSAINISSEMENT

……

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par

Pierre Fourier **ALLO**

Encadrement

Pr. Igor W.K. **OUEDRAOGO**, Enseignant chercheur à 2iE

Dr. Marie **SAWADOGO**, Enseignant chercheur à 2iE

M. Natty Nattoye **KPAI**, Ingénieur de recherche à 2iE

M. Mamoudou **OUEDRAOGO**, Responsable du Service Environnement de SEMAFO

Jury d'évaluation du stage

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM

Promotion : 2017-2018

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à toute ma famille, à ma mère et mon frère rappelés à DIEU en 2018 et à toutes les victimes à travers le monde, des effets du changement climatique.

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, je tiens à remercier :

L'ETERNEL DIEU ;

Docteur **Marie SAWADOGO**, Pr. Igor **OUEDRAOGO** et Monsieur **Natty Nattoye KPAI**, mes encadreurs internes à 2iE, pour leur engagement et leur disponibilité remarquable pour l'aboutissement de ce travail ;

Monsieur **Mamoudou OUEDRAOGO**, mon encadreur externe et responsable du Service environnement de SEMAFO BF SA, Monsieur **Jean Noel NIKIEMA et Oumar SAVADOGO**, techniciens au Service Environnement, qui malgré leurs occupations professionnelles, ont su trouver du temps pour me guider tout au long de cette étude.

Docteur **Sayon Sadio SIDIBE**, chef du Laboratoire Biomasse, Energie et Biocarburant (LBEB) pour m'avoir permis d'effectuer le stage

Tous les responsables et l'ensemble du personnel de SEMAFO BF SA pour la bonne collaboration durant mon stage dans la structure ;

Monsieur le Directeur d'exploitation de la mine de Mana pour m'avoir donné l'autorisation de collecter les données dans la structure ;

Monsieur **Hubert BALIMA**, pour son appui au cours du stage ;

Tous mes promotionnaires de Master 2 et de la Licence ;

Le corps enseignant et le personnel administratif de 2iE ;

Mon grand frère **Elvis ASSI** et **Nathalie KAMBOU** pour les encouragements ;

Toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de ce document.

RESUME

Les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités anthropiques représentent l'un des principaux objectifs de la politique mondiale en matière de l'environnement. Sachant que ces émissions sont locales mais globales en répercussions c'est-à-dire les effets du changement climatique, Il revient aux différents Etats sans exception aucune y compris le monde industriel de mettre en place des mesures pour la limitation de ces émissions. Cette étude a pour objectif d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre engendrées lors des activités d'exploitation aurifère de la Société d'Exploitation Minière de l'Afrique de l'Ouest à Mana. L'identification des postes et sources d'émissions a été faite au travers de la documentation, des sorties de terrain et des entretiens, qui ont permis d'obtenir les données d'activités. La détermination des facteurs d'émissions associés aux sources identifiées permettant de convertir les données collectées a été faite d'une part sur la base de la Carte d'Identité Carbone et d'autre part sur la base carbone de l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie. Ceci a conduit à faire le bilan carbone de l'entreprise pour l'année 2016 qui a constitué l'année de reporting. Il ressort de manière croissante (03) trois postes à forte émissions à savoir le poste transport (51%) qui concernent le déplacement des employés sur le site mais également lors de leur période de repos et le déplacement des véhicules lourds et légers pour l'activité minière ensuite le poste sources fixes (26%) avec la consommation du gasoil, du butane et des gaz réfrigérants et en dernier le poste matériaux (19%) regroupant notamment les réactifs et les métaux. Le reste des émissions est imputable aux frets, immobilisations, déchets et aux produits alimentaires. Ainsi, les émissions globales découlant de l'exploitation de la mine de Mana sont estimées à 184 883 tonnes CO_2e avec - 3000 tonnes CO_2e dues aux recyclages des déchets et aux arbres présents sur le site, constituant les actions de compensation carbone déjà entreprissent par la mine. La mise en application des actions de réduction des émissions proposées permettra de réduire de 16% l'ensemble du bilan carbone de SEMAFO Mana sur une période de 2 ans.

Mots-clés :

1. Gaz à effet de serre
2. Bilan carbone
3. Facteur d'émissions
4. Société d'Exploitation Minière de l'Afrique de l'Ouest

ABSTRACT

Greenhouse gases emissions, from human activities are one of the main objectives of global environment policy. These emissions are local but they have a global impact, it is up to the various states without any exception including the industrial world to set up the limits for these environment's emissions. The purpose of this study is to evaluate le greenhouse gas emissions generated during the gold mining activities of the West African Mining Company in Mana. The identification of stations and sources of emissions was done through documentation, field trips and interviews, which made possible to obtain the activity data. The determination of the emission factors associated with the identified sources used for the collected data conversion in gases emissions was made first on the basis of the carbon identity and secondly on the carbon base on the French Environment & Energy Management Agency. This leads to have the carbon footprint of the company for the year 2016. It is increasingly apparent that there are three high-emission posts. The first post (51%) concerns the transport and the movement employees, on the site but during their rest period and the movement of light and heavy vehicles for mining activities. The second post (26%) involved the consumption of gas, butane and refrigerant; and the third post (19%) relates to items which include reagents and metals. The remaining emissions can be attributed to freight, fixed assets, waste and food products. Thus, the global emissions resulting from the exploitation of the Mana mine are estimated at 184 88 T/CO2e, with 3000 T/CO2e due to the recycling of the waste and the trees present on the site, constituting the carbon offset actions already undertaken by the mine. The implementation of the proposed emission reduction actions will reduce by 16% the total carbon footprint of SEMAFO Mana over a period of two (2) years.

Key-words:

1. Greenhouse gases
2. Carbone assessement
3. Emission factor
4. West Africa Mining Exploration Corporation

LISTES DES ABREVIATIONS

ACV : Analyse du Cycle de Vie

ADEME : Agence de l'Environnement et de la maitrise de l'Energie

BEGES : Bilan des Emissions de Gaz à Effet de Serre

BUNEE : Bureau National des Evaluations Environnementales

CCNUCC : Convention Cadre des Nation Unies sur le Changement Climatique

CDP : Carbon Disclosure Project

CIC : Carte d'Identité Carbone

COP : Conférence des parties

CPDN : Contribution Prévue déterminée au niveau Nationale

DA : Donnée d'Activité

DCO : Demande Chimique en Oxygène

FE : Facteur d'Emission

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

MEEVC : Ministère de l'Environnement, de l'Economie Verte et des Changements climatiques

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale

PRG : Pouvoir de Réchauffement Global

SOMITA : Société Minière de Tarpako

STEP : Station d'Epuration

SOMMAIRE

DEDICACES I
REMERCIEMENTS II
RESUME III
ABSTRACT IV
LISTES DES ABREVIATIONS V
LISTE DES TABLEAUX IX
LISTE DES FIGURES X
INTRODUCTION 1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 3
I.1. Généralité sur les gaz à effet de serre 3
I.1.1. Effet de serre naturel 3
I.1.2. Gaz à effet de serre anthropiques et pouvoir de réchauffement global 4
I.1.3. Réchauffement climatique 5
I.2. Impacts dus aux changements climatiques 5
I.2.1. Impacts climatiques globaux 5
I.2.2. Impacts climatiques locaux 6
I.3. Cadre institutionnel et politique nationale sur les changements climatiques 7
I.4. Cadre législatif national du secteur minier 7
I.5. Réalisation de bilans de gaz à effet de serre 7
I.6. Quelques types d'outils et enjeux de comptabilisation des GES 8
I.6.1. Lignes directives du GIEC pour les inventaires nationaux 9
I.6.2. Analyse du cycle de vie 9
I.6.3. Inventaire des GES pour les entreprises 9
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES 12
II.1. Présentation de la zone d'étude 12
II.1.2. Présentation de la mine de Mana 12
I1.2. Présentation du Service Environnement 13

II.3. Carte d'Identité Carbone (CIC) 13

II.3.1. Présentation de la CIC 13

II.3.2. Justificatif de la CIC 13

II.3.3. Principes de réalisation de la Carte d'Identité Carbone 14

II.3.4. Choix de la CIC pour l'évaluation des émissions de GES de la mine 14

de Mana 14

II.4. Identification des postes et sources d'émissions 15

II.5. Détermination des facteurs d'émissions 15

II.6. Démarche méthodologique pour l'évaluation des émissions des GES de la 16

mine de MANA 16

II.6.1. Sensibilisation 16

II.6.2. Définition des périmètres de l'étude 16

II.6.3. Collecte des données 16

II.6.4. Exploitation des données 20

II.7. Elaboration et mise de place de plan d'actions de réduction des émissions 23

II.7.2.1. Contexte de l'action 23

II.7.2.2. Démarche de l'action 24

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS 26

III.I. Facteurs d'émissions déterminés à partie du secteur des mines 26

III.2. Réalisation de la carte d'identité carbone de SEMAFO-Mana 28

III.2.1. Identification des postes d'émissions de GES liées à la mine de mana 28

III.2.2 Evaluation des émissions par poste 29

III.2.2.2. Poste Sources fixes 30

III.2.2.3. Poste Matériaux 31

III.2.2.4. Poste Fret 32

III.2.2.5. Poste Immobilisations 33

III.2.2.6. Poste Déchets 34

III.2.2.7. Poste Restauration..... 35

III.2.2.8. Poste Facteurs négatifs..... 36

III.2.3. Evaluation globale des émissions de GES de la mine de Mana..... 37

CHAPITRE IV : PROPOSITIONS DE SOLUTIONS DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES..... 40

IV.1. Poste Transport 40

IV.2. Poste Sources fixes..... 45

IV.3. Poste matériaux 47

IV.4. Actions de compensation carbone..... 47

IV.4.1. Résultats des enquêtes..... 47

IV.4.2. Solution de compensation 50

IV.5. Synthèse des actions de réduction des émissions de GES 51

CONCLUSION 52

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 54

ANNEXES XI

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Potentiel de réchauffement global à 100 ans des GES 4
Tableau 2: Synoptique du modèle de la fiche d'actions 25
Tableau 3: Comparaison des facteurs d'émissions entre la Carte d'Identité Carbone et la Base Carbone® 27
Tableau 4: Postes d'émissions et principaux GES associés à la mine de Mana 28
Tableau 5 : Fiche d'action N^{O} 1 de réduction des GES 42
Tableau 6 : Fiche d'action N^{O} 2 de réduction des GES 43
Tableau 7 : Fiche d'action N^{O} 3 de réduction des GES 44
Tableau 8 : Fiche d'action N^{O} 4 de réduction des GES 46
Tableau 9 : Synthèse des actions de réduction des émissions de GES pour une période de 2 ans 51

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Effet de serre naturel 3
Figure 2 : Total annuel des émissions anthropiques de GES par groupes de gaz entre 1970 et 2010..... 5
Figure 3: Différentes étapes de réalisation des gaz à effet de serre 8
Figure 4 : Situation géographique de la mine de Mana 13
Figure 5: Bilan total des émissions de GES de la mine de Mana 38
Figure 6 : Emissions liées au transport 30
Figure 7 : Emissions liées aux sources fixes..... 31
Figure 8 : Emissions liées aux matériaux..... 32
Figure 9 : Emissions liées aux frets 33
Figure 10 : Emissions liées aux immobilisations..... 34
Figure 11 : Emissions liées aux déchets 35
Figure 12 : Emissions de GES liées à la restauration 36
Figure 13 : Emissions de GES évitées 37
Figure 14 : Quantité de bois consommé 47
Figure 15 : Approvisionnement en bois..... 48
Figure 16 : Types de foyer utilisé 49
Figure 17: Notion des ménages sur les foyers améliorés..... 49

INTRODUCTION

Défi majeur du XXIème siècle, les changements climatiques sont désormais des phénomènes physiques que subit notre planète. Les travaux du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, crée en 1988) ont démontré depuis le premier rapport du groupe en 1990, la contribution accrue de l'Homme à ce phénomène qui représente aujourd'hui plus de 49 Gigatonnes équivalent CO_2 de gaz à effet de serre (GES) mondiales (GIEC, 2014). Produits en quantité, les GES anthropiques entrainent la pollution de l'atmosphère et constituent un sujet d'actualité au vue de nombreux effets négatifs qu'ils occasionnent sur le climat et sur la qualité de vie des hommes. En effet, la croissance de l'industrialisation conduit à des concentrations importantes de ces gaz au niveau de l'atmosphère.

Si les pays industrialisés sont ceux qui produisent le plus de gaz à effet de serre, les pays africains, faisant partie de ceux qui polluent le moins avec 10,8% des GES mondiaux (Institute For Climate Economics, 2016), restent les plus vulnérables aux changements

climatiques. Le Burkina Faso fait partie des 178 pays ayant ratifiés la Convention Cadre des Nation Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC) et le protocole de Kyoto. Pays en voie de développement, le Burkina Faso n'est soumis à aucune contrainte de réduction de ses émissions de GES ; cependant, conformément à l'article 4 de la CCNUCC, le Burkina Faso s'est engagé à effectuer l'inventaire de ses émissions de GES, des secteurs d'activités qui y contribuent le plus, et de mettre en place une politique nationale de développement durable. Lors de la COP21 à Paris, il a élaboré un document intitulé ''Contribution Prévue Déterminée au niveau Nationale'' (CPDN) dans laquelle un bilan des émissions des GES et des objectifs d'atténuation et d'adaptation pour lutter contre le réchauffement climatique ont été énoncés.

Bien que l'agriculture soit le secteur le plus émetteur de GES avec plus de 50% sur les 21 916 Gigagrammes équivalent CO_2 des GES nationale (CPDN Burkina Faso, 2015), le récent développement de l'industrie minière amène à se poser des questions sur l'apport de celle-ci en matière d'émission de GES dans le pays avec les 694,5 Gigagrammes équivalent CO_2 qu'elle a généré sans compter l'impact des déchets générés en 2014 (ITIE, 2015).

Depuis 2008, le Burkina Faso connait une véritable affluence des compagnies minières sur son territoire avec douze (12) sites miniers en activité, dont dix (10) dans la production de l'or, un dans l'extraction du zinc et un autre qui produit du manganèse. En 2013, les produits miniers ont contribué à hauteur de 76% des exportations, faisant de l'or le premier produit

d'exportation du Burkina Faso. Ces sociétés d'exploitation minière dans le cadre de leurs activités, utilisent d'énormes quantités d'énergies et émettent par conséquent d'importants volumes de dioxyde de carbone (CO_2) de façons directes ou indirectes.

Au regard de ce boum minier, le Bureau National des Evaluations Environnementales (BUNEE) assurant le suivi et la surveillance des impacts environnementaux des activités de développement inclut désormais dans ses recommandations aux sociétés minières l'évaluation des GES avec un plan d'actions de réduction.

Classée parmi les dix (10) mines à gisement aurifère en exploitation, La Société d'Exploitation Minière de l'Afrique de l'Ouest (SEMAFO) en exploitation depuis 2008 à Mana effectue des inventaires des GES dans son rapport annuel de développement durable. Mais ceux-ci ne prennent en compte que la consommation en hydrocarbures. Ainsi, dans le souci de considérer un périmètre important de comptabilisation de GES pour être en conformité avec sa politique environnementale et les recommandations de son Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) et pour avoir une meilleure visibilité au niveau national et international, SEMAFO projette d'évaluer ses émissions de GES en utilisant la Carte d'Identité Carbone (CIC). De ce fait, les interrogations qui surgissent sont les suivantes : Quel est l'intérêt de l'utilisation de la CIC pour cette évaluation ? Quelles sont les émissions de GES induites par l'activité d'exploitation dans son grand ensemble (émission directes et indirectes) ainsi que les émissions évitées et le potentiel de séquestration de CO_2 de la mine de Mana ?

Ainsi, l'objectif global de cette étude est d'évaluer, à l'aide de l'outil CIC de 2iE, les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les activités de la compagnie minière SEMAFO.

Plus spécifiquement, il s'agira de :

- Déterminer de nouveaux facteurs d'émissions à partie du domaine minier ;
- Réaliser la carte d'identité carbone de SEMAFO en hiérarchisant les postes d'émissions ;
- Proposer des solutions d'amélioration pour les postes à forte émission.

Ce document est subdivisé en trois grandes parties : la synthèse bibliographique sur la thématique de notre travail, le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre nos objectifs et l'analyse des résultats obtenus.

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralité sur les gaz à effet de serre

I.1.1. Effet de serre naturel

L'atmosphère est composée de nombreux gaz (vapeur d'eau, gaz carbonique, l'ozone, le dioxyde d'azote, méthane, …). Ces gaz sont généralement transparents à la lumière visible, c'est-à-dire que le rayonnement solaire les traverse sans encombre. Par contre, plusieurs d'entre eux sont peu transparents au rayonnement infrarouge et ont la propriété de garder la chaleur dans le système climatique. Ils sont appelés « gaz à effet de serre »(GES). Les principaux sont la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O), l'ozone (O_3). Une partie de ces gaz est produite naturellement par évaporation de l'eau des lacs, pluies, mers, océans, décomposition de matières organiques et d'autres par les activités anthropiques. En effet, l'énergie solaire qui arrive sur la terre est en partie réfléchie vers l'espace, le reste étant absorbé par l'atmosphère ou par le sol. Ainsi, au contact du rayonnement reçu, la terre s'échauffe. A l'inverse, la terre se refroidit en renvoyant vers l'espace de la chaleur sous la forme d'un rayonnement infrarouge. Cependant, la plus grande partie de ce rayonnement est piégée par certains gaz présents naturellement. C'est ce phénomène qui est appelé l'effet de serre illustré sur la figure 1.

Figure 1: Effet de serre naturel (Source : climatechallenge.be, 2013)

L'effet de serre est donc un phénomène naturel. Sans lui, il nous serait impossible de survivre sur Terre. Comme résultat, il permet à la surface terrestre de se maintenir à une température acceptable de 15°C. Sans cet effet, la température moyenne sur Terre ne serait que de -18°C.

Depuis l'époque préindustrielle, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre ont augmenté en raison essentiellement de la croissance économique et démographique avec la naissance de gaz industriels à savoir les gaz fluorés. Le CO_2 demeure le principal GES anthropique, représentant 76 % du total des rejets de GES anthropiques en 2010. Le CH_4 compte pour 16 % du total, le N_2O pour 6,2 % et les gaz fluorés pour 2,0 % (GIEC, 2014).

I.1.2. Gaz à effet de serre anthropiques et pouvoir de réchauffement global

Les GES ont été qualifiés d'anthropiques depuis le protocole de Kyoto adopté en 1997. Ces gaz regroupent le dioxyde de carbone (CO_2) d'origine fossile, le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O), les hydrofluorocarbures (HFC), les perfluorocarbures (PFC), les hexafluorures de soufre (SF_6).

Chacun de ces GES possède un potentiel de réchauffement global (PRG), qui quantifie son impact sur le climat au bout d'un certain temps. Afin d'être comparés les uns aux autres, les émissions des différents GES sont exprimés en équivalent CO2 (CO2e). Ainsi pour pouvoir donc convertir les émissions d'un GES en CO2e, le GIEC a défini un instrument appelé le PRG à 100 ans de ce gaz.

Outre l'équivalent CO2, l'autre unité courante de mesure des gaz à effet de serre est l'équivalent carbone. Le tableau 1 présente le PRG des différents GES.

Tableau 1: Potentiel de réchauffement global à 100 ans des GES

Gaz à effet de serre	Formule	PRG_{100} par rapport au CO_2
Dioxyde de carbone	CO_2	1
Méthane	CH_4	30
Oxyde nitreux	N_2O	265
Hydrofluorocarbures	HFC	138 à 12 400
Perfluorocarbures	PFC	6 630 à 12 200
Hexafluorures de soufre	SF_6	23 500

Source : 5ème rapport du GIEC (2013)

I.1.3. Réchauffement climatique

Selon le 5ème rapport du GIEC, le réchauffement du système climatique est une réalité et, depuis les années 1950, les changements sur le climat observés sont sans précédent. C'est donc au travers de l'évolution des températures moyennes que les preuves du changement climatique sont les plus évidentes. Les trois dernières décennies ont été plus chaudes que les précédentes avec une température moyenne mondiale (terre et océans) qui a augmenté de 0,84°C entre 1880 et 2012. Ce réchauffement dû aux forçages naturels et anthropiques accentue le phénomène de changements climatiques (figure 2).

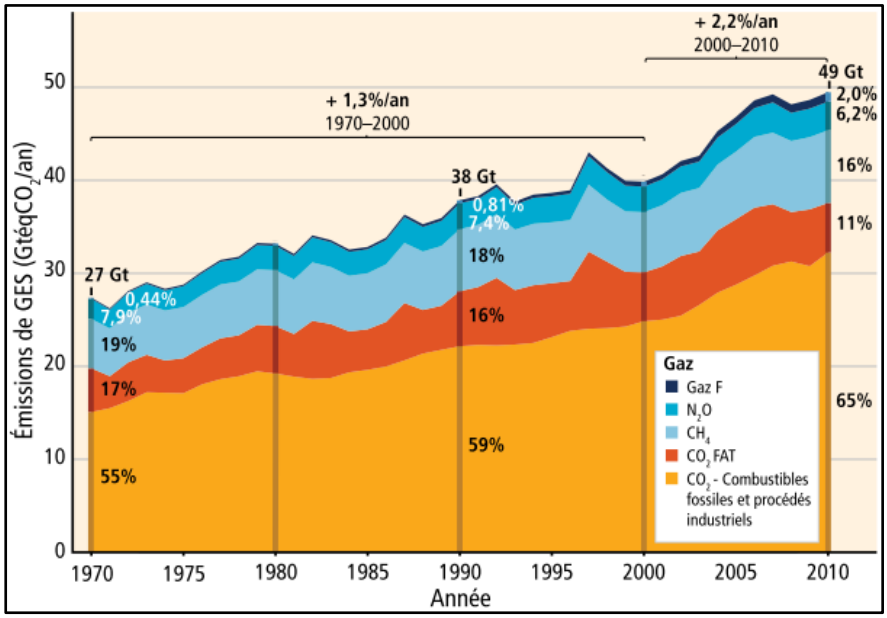


Figure 2 : Total annuel des émissions anthropiques de GES par groupes de gaz entre 1970 et 2010
(Source : GIEC, 2014)

I.2. Impacts dus aux changements climatiques

Comme énoncé ci-dessus, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre provoquent, à la surface de la Terre, un réchauffement. Celui-ci suscite des impacts à plusieurs niveaux.

I.2.1. Impacts climatiques globaux

Selon Bertrand & Rocher (2007), le réchauffement climatique constitue un élément emblématique de la crise écologique planétaire mais aussi un enjeu historique du développement durable. Il est absolument certain que les systèmes naturels sont affectés sur tous les continents (Bals C., et al, 2009). De ce fait, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère de +0,85°C a été observée au cours de la période 1980-2012 (GIEC, 2014). Ce

réchauffement serait le plus important de ces trente (30) dernières années. On note également une variabilité accrue des phénomènes hydrométéorologiques et une élévation du niveau moyen de la mer avec une augmentation de 0,19 m entre 1901 à 2010 (GIEC, 2014). Le nombre des phénomènes déclarés dérivant des aléas hydrométéorologiques notamment les sécheresses, inondations, tempêtes, incendies de forêt, glissements de terrain a sensiblement augmenté (FAO, 2008) dans tous les continents.

I.2.2. Impacts climatiques locaux

L'Afrique a subi une hausse des températures de l'ordre de 0,6 à 0,7°C (CRA, 2011) tandis que les précipitations ont en moyenne baissé de 15 à 30% au Sahel et de 15% dans les régions des forêts tropicales humides (Sarr et Traoré, 2009). Au niveau régional, l'Afrique de l'Ouest a connu une hausse des températures allant de 0,2°C à 0,8°C (CRA, 2011) avec une baisse des hauteurs pluviométriques de 20 à 30% (Diomandé et al., 2008). Les pays du Sahel à l'instar des autres pays de l'Afrique, subissent depuis près d'une décennie, après les sécheresses des années 70 et 80, les effets de fortes pluies et des inondations dévastatrices (CRA, 2011). Par ailleurs, les changements climatiques pourraient affecter l'agriculture dans certaines régions compte tenu de sa dépendance du climat et des conditions naturelles (FAO, 1997). Ces phénomènes peuvent également être ressentis sur le calendrier des précipitations qui pourraient ne plus servir de repères saisonniers pour les récoltes (PNUD, 2010). Ils pourraient se traduire en un nombre croissant d'inondations, de sécheresses ou d'ouragans qui conduiraient à d'énormes pertes de terres cultivables et des pertes en vie humaine (Swarup, 2009).

Selon le cinquième rapport d'évaluation du GIEC sur les incidences, adaptation et vulnérabilité (Groupe de travail II), les changements climatiques constituent une grave menace pour le développement environnemental, social et économique du continent africain. Cette situation est à l'origine des immenses défis auxquels le continent doit faire face notamment :

- L'aggravation de l'insécurité alimentaire ;
- La pénurie d'eau plus importante ;
- La propagation des maladies liées au climat ;
- La réduction de la productivité des récoltes et du bétail.

I.3. Cadre institutionnel et politique nationale sur les changements climatiques

Le Burkina Faso a ratifié la CCNUCC et le protocole de Kyoto respectivement en septembre 1993 et mars 2005. A ce jour, il a élaboré et adopté plusieurs documents de politiques et de stratégies relatifs aux changements climatiques et aussi en lien avec les GES, en réponse à certaines dispositions de ces protocoles. On peut, entre autres, citer :

- ✓ La Stratégie Nationale de mise en œuvre de la Convention sur les Changements Climatiques adoptée en novembre 2001;
- ✓ Le Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques (PANA) en 2007;
- ✓ L'élaboration d'un Programme Nationale du Secteur Rural (PNSR) en 2008;
- ✓ Le Plan National d'Adaptation (PNA, 2014) ;
- ✓ Le Contribution Prévu Déterminé au niveau National (CPDN, 2015).

I.4. Cadre législatif national du secteur minier

Les textes législatifs et réglementaires spécifiques au secteur minier prennent en compte à la fois le volet des mines proprement dit et celui de l'environnement. Au titre de ces textes juridiques, on peut citer entre autres :

- ✓ La loi n°031-2003/AN du 08 mai 2003, portant Code minier au Burkina Faso et son modificatif a adopté le 26 juin 2015 ;
- ✓ La loi n°005-97/ADP du 30 janvier 1997, portant code de l'environnement au Burkina Faso ;
- ✓ La loi n°003-2011/AN du 5 avril 2011, portant code forestier au Burkina Faso ;

I.5. Réalisation de bilans de gaz à effet de serre

En se basant sur les lignes directrices de 2006 du GIEC et les outils de comptabilisation standardisés de GES, les étapes standards d'un bilan des émissions de GES dans une entreprise peuvent se résumer en six (6) étapes comme présenté sur la figure 3.

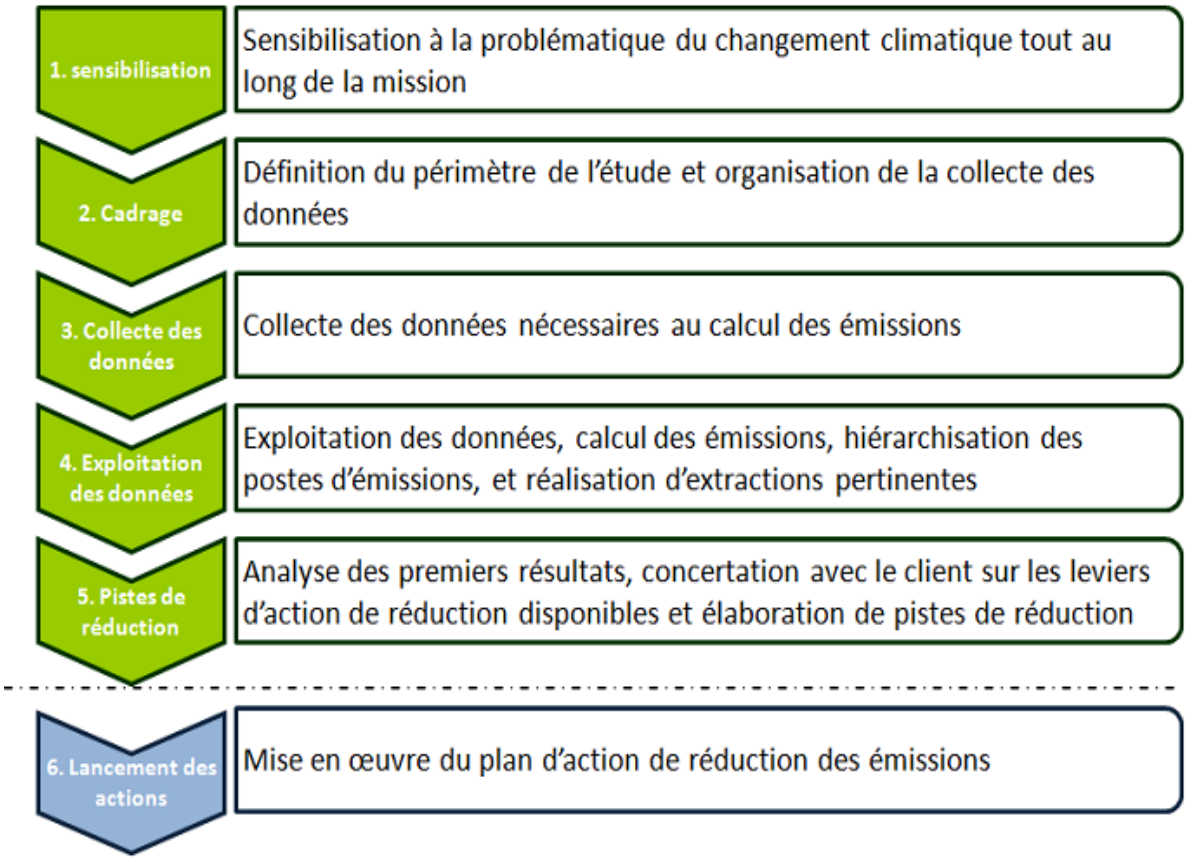


Figure 3: Différentes étapes de réalisation des gaz à effet de serre
(Source : Bilan Carbone®)

Les lignes directrices du GIEC définissent trois (03) catégories d'émissions appelées « scope » (Annexe 1) résumées comme suit :

- ✓ **Les émissions directes de GES (ou SCOPE 1)** : émissions directes provenant des installations fixes ou mobiles situées à l'intérieur du périmètre organisationnel (détenues ou contrôlées par l'organisme).
- ✓ **Les émissions à énergie indirectes (ou SCOPE 2)** : émissions indirectes associées à la production d'électricité, de chaleur, de froid ou de vapeur importée pour les activités de l'organisation.
- ✓ **Les autres émissions indirectes (ou SCOPE 3)** : émissions indirectement produites par les activités de l'organisation qui ne sont pas comptabilisées dans le SCOPE 2. Il s'agit notamment des émissions résultant des services donnés en sous-traitance.

I.6. Quelques types d'outils et enjeux de comptabilisation des GES

Pour éviter les impacts néfastes des changements climatiques, des outils de comptabilisation carbone tels que l'internationalisation des externalités environnementales, l'incitation aux changements de comportements et l'analyse Risques-Opportunités pour les

entreprises, sont mis en place. Ces moteurs font chacun objets d'outils pour les évaluations des GES (Rose, 2014). Les sections suivantes présentes certains outils d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre qui sont utilisés à l'échelle internationale.

I.6.1. Lignes directives du GIEC pour les inventaires nationaux

La théorie de l'économie de l'environnement vise à définir des outils pour internaliser les externalités telles que les changements climatiques dans le système économique mondial (Bontems & Rotillon, 2003).

Concrètement, pour le cas des émissions de GES, il s'agit d'introduire des outils pour créer un coût aux émissions de GES, pour qu'il soit internalisé dans le modèle économique des entités émettrices de GES. Comme illustration, ces modèles conduiraient à l'augmentation des coûts des technologies fortement émettrices en termes de GES dans le but de faire baisser leurs demandes au profit des technologies respectueuses de l'environnement. C'est le cas des normes, des taxes et du marché des quotas. De ce fait, le GIEC a mis en place depuis 1996 des lignes directives qui traitent des inventaires nationaux des GES. Ceux-ci intègrent les externalités climatiques dans le processus de gouvernance des Etats et constituent une base sur laquelle se déroulent les négociations internationales de lutte contre les changements climatiques.

I.6.2. Analyse du cycle de vie

L'idée de cette méthode est que chaque individu consommerait différemment s'il disposait des informations nécessaires pour faire son choix. L'analyse du cycle de vie (ACV) évalue l'impact environnemental d'un produit depuis l'extraction des matières premières nécessaires à son élaboration jusqu'à son élimination en fin de vie, c'est-à-dire du berceau au tombeau. C'est un outil multicritère qui prend en compte plusieurs indicateurs d'impacts dans lequel l'on trouve l'impact du produit sur le changement climatique. Elle est avant tout employée pour comparer les charges environnementales des étapes du cycle de vie de différents produits entre eux.

I.6.3. Inventaire des GES pour les entreprises

Ce type d'inventaire est qualifié de risque-opportunités dans la culture de gestion des entreprises. Appliqué à l'environnement, il vise à révéler aux entreprises que la prise en compte de l'environnement n'est pas qu'une source de contraintes supplémentaires, mais également une source d'opportunités. En effet, les problématiques environnementales doivent

stimuler l'innovation et augmenter l'efficacité des procédés industriels pour minimiser les impacts directs et indirects sur notre environnement. Cette hypothèse théorique du «win-win» (Porter & Van der Linde, 1995) s'inscrit plus largement dans les réflexions autour de la croissance verte ou du développement durable (Crifo, Debonneuil, et Grandjean, 2009). Pour certains économistes, les limites actuelles à la croissance de nos économies (Meadows D. H., Meadows et Randers, 1972) devraient se révéler le moteur de la croissance de demain. Ayant une transparence et une performance en matière de carbone, une entreprise internationale pourrait adhérer à certain projet « carbone » notamment le CDP[1] (Carbon Disclosure Project). En plus, réaliser une telle évaluation permettra de réduire ses émissions tout en optimisant sur le fonctionnement de certaines unités de l'entreprise, contribuant surtout à l'amélioration de la politique en matière d'environnement et de Responsabilité Sociale.

De ce faite, il en existe plusieurs outils de BEGES (Bilan des Emissions de Gaz à Effet de Serre) pour les entreprises notamment le Grennhouse Gas Protocol et le Bilan Carbone.

I.6.3.1. GreenHouse Gas Protocol

La méthode Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard est un outil de comptabilisation carbone destiné aux entreprises. Développé dès 1998, il est élaboré par le WRI (World Resources Institute) et le WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). Il décrit les principes et préconisations pour la quantification des émissions de GES des activités d'une entreprise. C'est le référentiel le plus utilisé à l'échelle mondiale donnant des lignes directrices d'une comptabilité carbone harmonisée à l'échelle internationale. Il est particulièrement employé dans les pays anglo-saxons et a servi de base à l'élaboration de la norme ISO 14064.

Le périmètre du Grennhouse Gas Protocol couvre l'ensemble des périmètres opérationnels dont les scopes 1, 2 et 3, qui seront développés dans la suite du document.

I.6.3.2. Bilan carbone

Développé, élaboré et diffusé dès 2004 par l'Agence de l'Environnement et de la maitrise de l'Energie (ADEME), le Bilan carbone® est un outil constitué de facteurs d'émission et de documents associés, qui permet de comptabiliser les émissions carbone. Il est soutenu par les pouvoirs publics français et peut être considérée comme une référence. Plus largement, cette méthodologie de comptabilisation d'émissions de GES a été standardisée par

[1] Sa mission est de promouvoir les réductions d'émissions de GES via une meilleure allocation des ressources des investisseurs.

le GreenHouse Gas Protocol et labélisée par des labels tels que la norme ISO 14067[2]. L'ADEME, dans la perspective de rendre plus spécifique ses bilans d'émission de GES a mis en place d'une part plusieurs type de bilan consacrés aux établissements d'enseignement supérieur (Universités et les Grande écoles), entreprises, collectivités, territoires et d'autre part des guides sectoriels notamment dans la finance, l'agriculture, les industries extractives et carrières.

Le périmètre du Bilan Carbone® abrite également les mêmes scopes que la méthode du Grennhouse Gas Protocol.

[2] Norme décrivant les principes et les exigences pour la quantification et la rédaction de rapports sur les émissions et suppression de GES

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Présentation de la zone d'étude

II.1.1. Structure d'accueil

La Société d'Exploitation Minière de l'Afrique de l'Ouest Incoporation (SEMAFO Inc.), basée à Montréal, est une entreprise minière canadienne qui mène des activités d'exploration et d'exploitation aurifère en Afrique occidentale. Basée au Burkina Faso, SEMAFO BF SA a son siège national au secteur 13 sur l'avenue Babangida, rue Benda dans la ville de Ouagadougou. L'entreprise est inscrite à la bourse de Toronto, ainsi qu'au marché boursier historique d'Europe du Nord.

II.1.2. Présentation de la mine de Mana

La Société exploite actuellement la mine de Mana depuis 2008 occupant la place de troisième plus grande mine d'or au Burkina Faso avec 240 200 onces d'or produits en 2016 en provenance des fosses de Fofina et de Sio. Depuis le deuxième trimestre de l'année 2017, le gisement de Fofina est en arrêt d'exploitation. Actuellement, le minerai reçu au niveau de l'usine provient des fosses de Sio, de Wona nord et de Nyafé.

La mine de Mana est située dans la région de la boucle du Mouhoun a environ 300 km à l'ouest de Ouagadougou (figure 4).

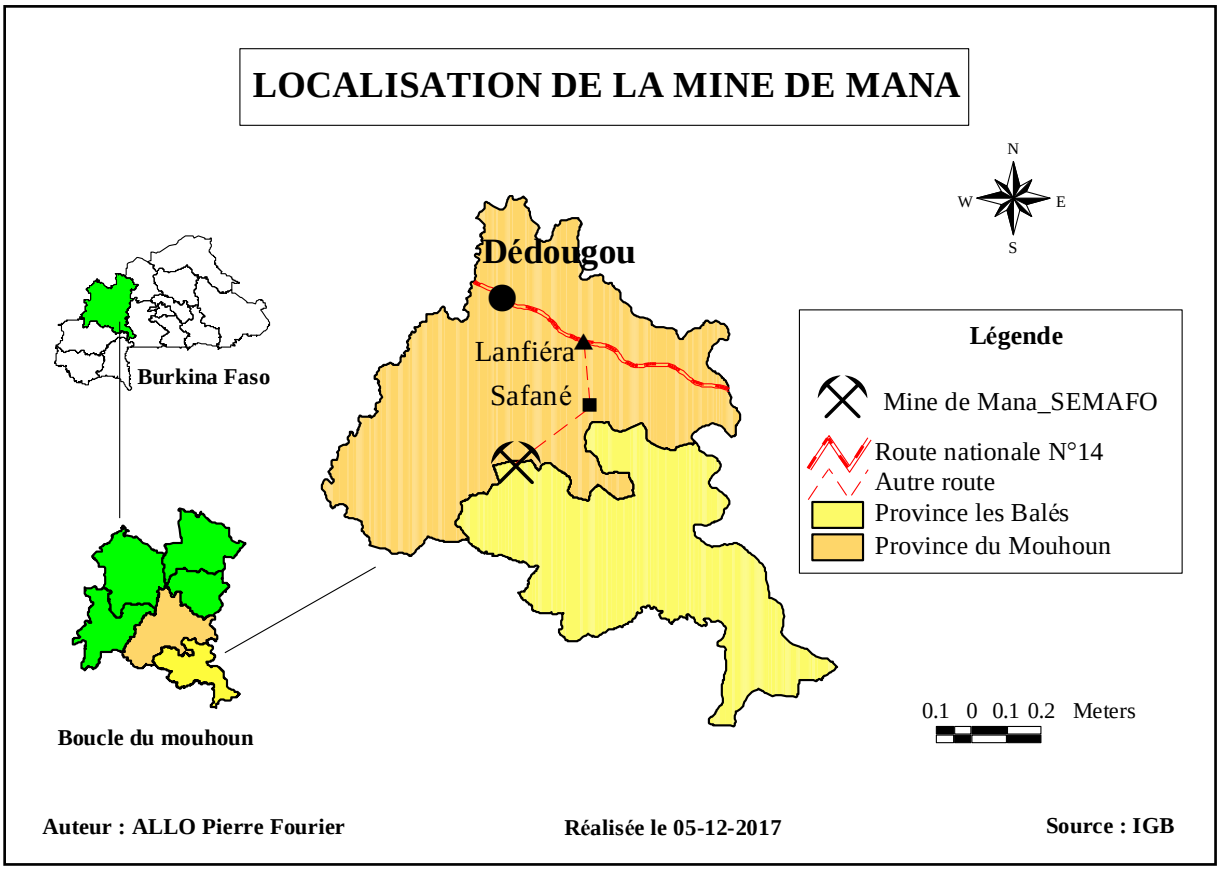


Figure 4 : Situation géographique de la mine de Mana

La mine est située dans une zone de climat de type soudano-sahélien avec les températures minimales variant de 21.9 à 27.1°C et les maxima allant de 34.6 à 40.2°C.

I1.2. Présentation du Service Environnement

Comme cité plus haut, SEMAFO Mana est constituée de plusieurs départements, dont le service environnement dirigé par Monsieur Mamoudou Ouédraogo et appuyé par deux (02) Techniciens en suivi environnement (Jean-Noël Nikiéma et Oumar Sawadogo) et deux (02) opérateurs (Abou DAO et Joël DABIRE). Les travaux effectués par ce service ont pour but de minimiser les impacts environnementaux résultant des activités de la structure. Le service Environnement et SEMAFO œuvre quotidiennement à préserver l'environnement dans la mise en place de gestion environnementale efficace en s'imposant des cibles mesurables telle que (SEMAFO, 2013) :

- La réduction des émissions de gaz à effet de serre et autres émissions par le suivi entre autres des vibrations, les bruits, des retombées de poussières ;
- Le contrôle et l'utilisation parcimonieuse des eaux (potables et usées), de l'Energie et des ressources naturelles ;
- La réduction, la valorisation et l'élimination des déchets générés ;
- La réhabilitation des milieux affectés par les différentes opérations.

II.3. Carte d'Identité Carbone (CIC)

II.3.1. Présentation de la CIC

La CIC est un outil, développé en 2009 par l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) et qui permet de réaliser le BEGES d'une organisation située au Burkina Faso. La méthode utilisée pour la réalisation de la CIC se base sur les principes fondamentaux du BEGES.

Il permet de comptabiliser non seulement des émissions directes et indirectes de GES induites par une activité considérée, mais également les émissions évitées (recyclage, valorisation,…) et le potentiel de séquestration du carbone par la biomasse du périmètre de l'étude. Ceci dans l'optique d'adopter des stratégies de réduction des émissions de GES.

II.3.2. Justificatif de la CIC

Standardisés et labélisés, les outils destinés au bilan des émissions de gaz à effet de serre cités précédemment sont plus adaptés dans les zones dans lesquelles ils ont été développés en occurrence dans les pays industrialisés. Ces outils trouvent leurs particularités au niveau des facteurs d'émissions. La définition des facteurs d'émissions est fonction du

contexte donné (pays développés ou en développement). Cela se constate à plusieurs niveaux notamment dans les sources de production de l'énergie (thermique, nucléaire, hydroélectrique,…), la qualité des combustibles (gasoil, essence) qui ne sont toujours pas les mêmes en termes d'impuretés qu'ils contiennent, l'âge des véhicules qui constitue un élément important dans la combustion du carburant, le mode des gestions des déchets liquides et solides dans leurs valorisations.

Au regard de ces disparités, il est donc important pour le Burkina Faso à l'instar des pays de l'Afrique de l'ouest de développer des outils qui se basent sur les spécificités du contexte africain. D'où la mise en place de la Carte d'Identité Carbone.

II.3.3. Principes de réalisation de la Carte d'Identité Carbone

De manière globale, la réalisation de la CIC s'appuie sur les outils existants. En effet, les postes d'émissions considérés dans la CIC de base sont identiques à ceux définis par la GIEC. Ainsi, nous retrouvons (02) scopes avec les sources d'émissions à savoir :

- Scope 1 (émissions directes) : Sources fixes ;
- Scope 2 (émissions indirectes) : Transport, Matériaux, frets, déchets, immobilisations et la restauration ;
- Facteurs négatifs : Emissions évitées et potentiel de séquestration du CO2 par les arbres.

II.3.4. Choix de la CIC pour l'évaluation des émissions de GES de la mine de Mana

Initialement conçue pour les entreprises de service telles que les banques, les écoles, les ONG..., la CIC se veut être un outil multi-organisationnel s'adressant aux domaines industriels tels les raffineries, brasseries, complexes sucriers et les mines, secteur faisant l'objet de notre étude. SEMAFO dans l'évaluation de ses émissions de GES souhaite rester dans une démarche contextuelle, c'est-à-dire utiliser un outil de comptabilisation des GES s'adaptant aux conditions locales. Ainsi, l'utilisation de cet outil dans le secteur minier nécessite la mise en place d'une base de données tenant compte de l'ensemble des activités d'exploitation et servira de support à l'évaluation actuelle et prochaine des GES de SEMAFO-Mana et pour d'autres entreprises minières à l'avenir.

II.4. Identification des postes et sources d'émissions

L'identification des postes et sources d'émissions de GES de la mine de Mana a été effectuée sur la base de la documentation et du mode de fonctionnement de l'entreprise aux travers des échanges et des sorties de terrain. Elle a permis de mettre en évidence les différentes sources susceptibles de générer de façon directe ou indirecte des émissions de GES.

II.5. Détermination des facteurs d'émissions

D'une manière générale, la quantification des GES ne se fait pas par des mesures directes de concentration. Dans la pratique, la quantification est réalisée au moyen de calculs intégrant la notion de facteur d'émission. En effet, un facteur d'émission (FE) est un coefficient multiplicateur qui permet de convertir la donnée d'activité d'une source d'émissions en quantité de GES générée et exprimée en tonnes de dioxyde de carbone équivalent (Tonnes CO_2e). Pour le cas de la CIC à l'origine, les sources d'émissions identifiées proviennent des activités des établissements d'enseignement supérieur en occurrence 2iE. Cependant, certaines de ces sources (utilisation des bus, fret maritime, fret aérien, produits alimentaires, immobilisations, …) peuvent être utilisées dans d'autre domaine tel que celui du secteur minier compte tenu de leurs usages plurisectoriels. Par ailleurs, le fonctionnement des mines étant différent de celui des établissements d'enseignement supérieur, il regorge par conséquent plusieurs sources d'émissions auxquelles sont associées des FE qui ne sont pas pris en compte ou ne sont pas mises à jour dans la CIC. Il est donc important de les trouver. Pour ce faire, nous avons réadapté certains FE de la littérature (Base carbone de l'ADEME) au contexte local. C'est le cas des sources telles que le butane, les gaz réfrigérants, les engins lourds et légers, le transport aérien, les réactifs, les explosifs et pneumatiques, les eaux usées, leu transport ferroviaire, les eaux minérales et le recyclage des matériaux (Annexe 5)

II.6. Démarche méthodologique pour l'évaluation des émissions des GES de la mine de MANA

La démarche méthodologique a suivi cinq (05) grandes étapes notamment la sensibilisation, la définition des périmètres de l'étude, la collecte et l'exploitation des données pour finir l'élaboration et mise en place de plan d'actions de réduction des émissions.

II.6.1. Sensibilisation

La sensibilisation a consisté à rencontrer les responsables des services autre que le service de l'environnement notamment la centrale électrique, l'usine, la surface, le laboratoire d'analyse, les ressources humaines, la chaine d'approvisionnement, le centre de supports informatiques et les sous-traitants. Elle s'est axée sur trois (03) points :

- ✓ L'effet de serre et les impacts sur les changements climatiques ;
- ✓ Intérêt de l'évaluation des GES pour la mine;
- ✓ Importance de la participation du personnel dans l'atteinte des objectifs de l'étude.

En effet, l'évaluation des GES nécessite la participation effective du personnel surtout dans la phase de collecte des données d'où l'importance de cette étape.

II.6.2. Définition des périmètres de l'étude

La réalisation d'un Bilan GES d'une organisation nécessite de définir le périmètre organisationnel de l'étude. La question qui se pose est « Quelles sont les entités concernées par cette étude ? ». Une fois le périmètre organisationnel déterminé, l'organisme doit définir ses périmètres opérationnels en se posant la question de savoir « Quelles sont les types d'émissions générées au sein du périmètre organisationnel ? ». De cette étude, le périmètre organisationnel a concerné le site d'exploitation de la mine de Mana. Le périmètre a pris en compte :

- ✓ Les émissions directes ;
- ✓ Les émissions indirectes ;
- ✓ Les émissions évitées ;
- ✓ Le potentiel de séquestration du CO_2.

II.6.3. Collecte des données

Lors de la comptabilisation, il est important de choisir une année de référence par rapport à laquelle l'évolution des GES s'observera et une année de reporting qui va constituer l'année dans laquelle seront tirées toutes les données à collecter dans l'organisation. Bien que

l'inventaire se soit déroulé au cours de l'année 2017 (année de référence), les données utilisées dans le cadre de cette étude (Emissions directes, indirectes et évitées) ont été issues de l'année 2016 qui a constitué l'année de reporting. En effet, pour avoir une idée plus exhaustive des émissions carbone, il est important de prendre en compte une année entière achevée précédant directement l'année de référence afin d'avoir des données récentes et complètes.

Notons que cette étape de la démarche est la plus difficile dans l'évaluation des GES dans la mesure où elle demande une adhésion absolue des parties prenantes[3] de l'étude. Pour ce faire, un système de collecte des données au travers des fiches de collecte a été mis en place.

II.6.3.1. Emissions directes, indirectes et évitées

Pour ces émissions, les fiches de collecte ont comporté une partie qui consiste à décrire le contexte de l'étude, une autre les objectifs de la collecte en fonction des services données et une dernière les tableaux synoptiques permettant d'obtenir les données appelées données d'activité (Annexe 2). La collecte des trois (03) types d'émissions s'est déroulée au travers des rencontres (échanges) sur le terrain et sur la base des données enregistrées par la mine selon les différents postes d'émission cités plus haut. Les données collectées sont fonction du poste d'émissions.

- **Poste Sources fixes**

Il s'agit essentiellement des émissions de GES liées à l'utilisation du gasoil, du gaz naturel et du gaz réfrigérants dans les installations fixes telles que les centrales électriques, la climatisation et les chambres froides. Dans le cas de la SEMAFO-Mana, ce poste utilise les données d'activités suivantes :

- La consommation en carburant (gasoil) en mètre cube ;
- La consommation du butane en kilogramme ;
- Les pertes de gaz réfrigérants en kilogramme.

- **Poste Transport**

Cette partie consiste à la prise en compte des émissions dues au transport domicile-travail du personnel de la mine en fonction des moyens de déplacement. Elle considère également le déplacement des engins lourds et légers sur le site d'exploitation. Toutes ces émissions se regroupent en trois grandes classes, explicitées de la manière suivante :

[3] Services internes et externes de la vie de la mine

- **Transport terrestre externe (Bus, mini bus et motos)**

Il s'agit de la distance parcourue (km) des différentes navettes qui assurent le déplacement du personnel résidant au Burkina Faso, c'est-à-dire du site minier aux deux (02) principales villes du pays (Ouagadougou et Bobo-Dioulasso). Hors mis ces navettes, le transport externe a pris également en compte la distance parcourue des déplacements du personnel sur site, autrement dit de la mine aux différents lieux de logement.

- **Transport terrestre interne (Véhicules lourds et légers)**

Pour ce type de transport, il a été question de considérer la quantité de gasoil consommée (m^3) pour le déplacement des véhicules légers de type 4 * 4 et les véhicules lourds servant directement aux activités de la mine.

- **Transport aérien (Afrique de l'ouest, hors Afrique de l'ouest et Amérique)**

Le déplacement du personnel expatrié lors de leurs périodes de repos a été pris en compte ici. Les données d'activités sont exprimées en passager kilométrique (Passager.km).

- **Poste Matériaux**

Ce poste intègre toutes les émissions liées à la conception de matériaux qui entrent dans l'entreprise pour être incorporés dans les activités d'exploitation de l'or, dans la maintenance des équipements associés à ces activités. Il s'agit des quantités en tonne :

- D'explosifs dans le dynamitage de minerai ;
- De réactifs utilisés pour le traitement de l'or ;
- De matériaux de maintenance découlant du fer et de l'acier, la pneumatique y compris la peinture.

- **Poste Frets**

Les frets se rapportent aux émissions de GES dues aux transports des matériaux (boulets, cyanure, chaux, pneus), des hydrocarbures (gasoil) et des produits alimentaires depuis les différents lieux d'approvisionnement jusqu`à la mine. Il faut noter que les moyens de transport considérés pour l'estimation de ces émissions sont le transport routier, maritime et ferroviaire. Le transport par voie aérienne qui concerne le transport de certains matériaux tels que les pièces de rechange n'ont pas été comptabilisé du fait de l'insuffisance des données. Les données d'activités des frets sont exprimées en tonne kilométrique (tonne.km) donc fonction de la charge

et de la distance parcourue par les camions ou conteneurs. Nous avons pris comme hypothèse que leurs taux de remplissage est de 100%.

- **Poste Immobilisations**

Le poste des immobilisations regroupe les investissements dans les biens qui font l'objet d'un amortissement comptable et dont la fabrication engendre des émissions des GES. Il a pris en compte le nombre de chaque type d'équipements informatiques, électriques et de sécurité. Il faut noter que le calcul des émissions de ce poste diffère de celui des autres. En effet, lorsque l'on achète un bien durable qui va servir pendant de nombreuses années, la charge de l'achat est répartie sur plusieurs années afin de faire correspondre au mieux l'usage et de pouvoir l'amortir. De ce fait, nous avons réparti les émissions liées à la fabrication des immobilisations en les divisant par leurs durées d'amortissement respectives.

- **Poste Déchets**

Les émissions de gaz à effet de serre liées à ce poste concernent celles qui se dégagent lors du traitement de fin de vie des déchets, solides ou liquides, directement produits par la mine. Ils proviennent plus spécifiquement du traitement des eaux usées de la base vie et de l'enfouissement des déchets solides à savoir les putrescibles, les papiers et les cartons. Plusieurs autres déchets n'ont pas été pris en compte pour manque de données sur leurs facteurs d'émissions. Précisément, nous avons pour le calcul des émissions considéré les points suivants :

- Déchets liquide (Eaux usées)
  - ✓ Quantité de DCO par rapport au débit généré annuellement
    $DCO_{moy\ annuelle}$ = 131 mg/L et $Q_{moy\ annuel}$ = 12 260 m^3
- Déchets solides
  - ✓ Le nombre d'employés sur le site de la mine estimé lors de la quantification des déchets solides ;
  - ✓ La production spécifique annuelle de déchets par employé (restaurant, base vie, usine) ;
  - ✓ La composition des déchets quantifiés en pourcentage.

- **Poste Restauration**

Ce poste a concerné les émissions de GES induites lors de la production des aliments utilisés pour la restauration sur le site. Nous avons pris en compte la quantité de chaque type d'aliment y compris l'eau et les boissons gazeuses.

- **Poste Emissions évitées**

Ce poste concerne la valorisation des déchets sur l'ensemble de la mine. A ce effet, pour cette étude, les déchets pris en compte, faisant objet de valorisation (recyclage) sont les matières ferreuses (quantité en tonne) notamment les futs de boulets, les boulets et la ferraille en vrac. Hormis ce type de déchet, il existe d'autres déchets recyclés qui n'ont pas été comptabilisés faute de facteurs d'émissions.

II.6.3.2. Séquestration du carbone par les arbres

La détermination du potentiel de séquestration du carbone par les arbres peut être estimée à partir des méthodes directes et des méthodes indirectes. Les méthodes directes dites destructives sont précises mais nécessitent l'abattage des arbres, puis les pesées des biomasses des différents constituants (feuillages, branche, tronc). Elles sont très fastidieuses et ont un impact négatif dans la préservation de l'environnement (Bognounou et al., 2008). Par contre, les méthodes indirectes requièrent l'application de modèle existants aux variables structurales, facilement mesurables sur le terrain. Dans le cadre de la présente étude, ce sont les méthodes indirectes qui ont été adoptées. Cela passe par la détermination de la biomasse totale des arbres en faisant un inventaire des espèces d'arbres présentes sur le site étudié. Le choix de ces méthodes se justifie par leurs caractères peu fastidieux et surtout non destructifs. Ainsi, un inventaire systématique a été adopté pour la collecte des mesures dendrométriques sur différents placeaux de dimensions 50 m * 20 m espacés d'au moins 100 m ont été installés. Les mesures ont concernés essentiellement la circonférence du tronc à la base à 0.2 m (C20cm) et la circonférence du tronc à 1.30m (C130cm) des individus ayant des diamètres supérieurs ou égaux à 10 cm à l'aide d'un ruban, puis leurs hauteurs totales (Ht) avec un clinomètre et cela en se plaçant à une distance de 15 m du tronc permettant de percevoir la cime des arbres.

II.6.4. Exploitation des données

L'exploitation des données recueillies est une démarche minutieuse de conversion des informations collectées dans chaque poste d'émission.

II.6.4.1. Détermination des émissions directes, indirectes et évitées

De manière générale, l'évaluation des émissions de GES découlant d'une activité anthropique ne se fait pas par des mesures directes. Pour ce faire, nous les avons estimé au

travers des données dites ‘’données d'activité ‘’ ou ‘’données d'entrée’’ enregistrées par la structure et les FE correspondants avec la relation suivante :

$$\boldsymbol{Emissions\ de\ GES\ par\ poste = Données\ d'activité \times facteur\ d'émission}$$

Avec :

- Emission de GES en tonne équivalent CO_2 (t CO_2 e)
- Données d'activité (km, kg, tonne,...)
- Facteur d'émission (tonne Carbone équivalent/unité de données d'activité ou tonne CO_2 équivalent/unité de données d'activité)

Il faut noter que l'autre unité courante de mesure des gaz à effet de serre est l'équivalent carbone. Le passage de "équivalent carbone", à "équivalent CO2" est réalisé à l'aide du rapport de la masse molaire du dioxyde de carbone sur la masse molaire du carbone (44/12) =3,67. Autrement dit, 1 kg "équivalent carbone" = 3,67 kg "équivalent CO2".

L'ensemble des émissions GES générées par l'organisation est la somme de toutes les émissions de GES par type de poste.

II.6.4.2. Séquestration du carbone par les arbres

La séquestration du carbone consiste à capturer le CO_2 de l'atmosphère et à le stocker dans des réservoirs pour une longue durée de vie (Jiménez et Lal, 2006; CCNUCC, 2007). Ces réservoirs sont dans notre cas la biomasse ligneuse autrement dit les arbres. En effet, elle contribue à la diminution de la concentration des GES dans l'atmosphère (Dixon, 1995 ; Schoeneberger, 2009).

Ce potentiel de séquestration du CO2 a été estimé au travers de l'utilisation des équations allométriques. En effet, des équations allométriques ont été élaborées par quelques auteurs en Afrique de l'ouest notamment au Sénégal, au Mali et Burkina Faso (Woomer et al. 2004 ; Takimoto et al., 2008; Sawadogo & al, 2010) pour estimer la biomasse des arbres. Plus récemment, Henry et al. (2011) ont eu à développer des équations allométriques applicables aux espèces ligneuses d'Afrique subsaharienne. Au cours de nos inventaires, plusieurs espèces ont été observées. Cependant, toutes ne possèdent pas des modèles allométriques. En dépit de l'absence d'équations allométriques individuelles pour les espèces d'arbres inventoriées, l'équation développée par Henry et al. pour les espèces ligneuse de la région de la bouche du

Mouhoun a été utilisée pour estimer la quantité de biomasse disponible. Cette équation se présente comme suit :

$$\textbf{Biomasse (tonne CO2)= - 1,229 + (0,702*DHP) + 0,105*(DHP}^3\textbf{)}$$

Où DHP : Diamètre à Hauteur de Poitrine $= \frac{C_{130}}{\pi}$

La quantité CO_2 séquestré est déterminée par l'utilisation de l'équation suivante :

$$\textbf{PSCO}_2\textbf{ = B * Fc * 3.67}$$

Où $PSCO_2$ = Potentiel de séquestration du CO_2

B : Biomasse et Fc : Facteur de conversion pris à 50% (GIEC, 2003)

En somme, l'ensemble des émissions GES générées par l'organisation est la somme de toutes les émissions de GES par type de poste en incluant le potentiel de séquestration du CO_2 de la biomasse compris dans son périmètre d'activité.

$$\boldsymbol{Emissions\ de\ GES\ totales\ (t\ CO2\ e) = \sum Emissions\ de\ GES\ par\ poste - PSCO2}$$

II.6.4.3. Incertitudes

Les données d'activités et les facteurs d'émission correspondant aux postes d'émission sont accompagnés d'un degré d'incertitude.

- **Incertitude sur les données d'activité (DA)**

Les données d'activité n'ont pas les mêmes niveaux de précision et cela dépend fortement des sources dans lesquelles elles sont tirées. Certaines données sont connues avec une exactitude, c'est notamment le cas des consommations en carburant, des intrants avec des factures. Ainsi, l'incertitude attribuée à ces données est alors de 0%. D'autres données par contre sont approximées dans les calculs intermédiaires et qui permettent d'obtenir la donnée d'activité, celles-ci imputent des incertitudes de l'ordre de 5%. C'est le cas, des sources d'émissions telles que le transport et les frets dans l'estimation des distances parcourues.

- **Incertitude sur les facteurs d'émission (FE)**

Les facteurs d'émissions utilisés dans le présent rapport proviennent des approches inspirées des méthodes de l'ADEME, de certains facteurs spécifiques au contexte de l'étude, de la CIC et des données du GIEC. Ceux-ci résultant de différentes études, sont entachés d'incertitudes variable selon la source de l'étude utilisée pouvant aller jusqu'à 50%. En effet, Ces incertitudes découlent de la littérature notamment celles liées à l'électricité et à l'utilisation des

carburants allant de 2 % à 5%. Les autres postes ont une incertitude comprise entre 10 % et 50 % (ADEME, 2010). Ainsi, l'incertitude globale est-elle déterminée sur la base de l'expression suivante :

$$\boldsymbol{Incertitude\ globale = 1 - (1 - Incertitude\ sur\ FE) * (1 - Incertitude\ sur\ DA)}$$

II.7. Elaboration et mise de place de plan d'actions de réduction des émissions

II.7.1. Poste à fortes émissions

Pour établir le plan d'actions de réduction des émissions de GES, il a été nécessaire de hiérarchiser les émissions obtenues par poste. Par la suite deux (02) critères ont été pris en compte pour cette démarche, il s'agit de l'importance et la marge de manœuvre sur le poste d'émission concerné par l'action de réduction. Le plan d'action a été ficelé au travers des fiches d'actions par rapport aux postes à fortes émissions. Le tableau 3 présente le modèle de la fiche d'actions.

II.7.2. Compensation carbone

II.7.2.1. Contexte de l'action

Au Burkina Faso, comme dans la plupart des pays sahéliens, en milieu rural, les besoins des ménages en énergie de cuisson sont satisfaits par la biomasse, essentiellement le bois. Il contribue pour plus de 95% aux besoins énergétiques des ménages ruraux (DGE, 2000). La dépendance de ce type de combustible entraine de nombreuses difficultés auxquelles le Sahel est confronté telles que la dégradation du couvert végétal conduisant à la diminution des ressources ligneuses (Ganaba et Guinko, 1995) et à la dégradation des sols. Les localités environnantes de la mine de Mana n'en font pas l'exception. C'est dans cette optique que pour ces activités d'exploitations minières et pour la promotion du développement durable au profit des populations des localités riveraines de la mine, SEMAFO procède à des reboisements annuels selon son PGES. Par ailleurs, au regard de ces émissions de GES qu'elle génère, SEMAFO pourrait envisager une autre action de compensation indirecte en dehors de l'enrichissement de la biomasse ligneuse. Celle-ci repose sur la diffusion des foyers améliorés aux ménages des localités affectées par les activités aurifères de la mine dans le but premier de limiter la pression exercée par les populations sur les ressources forestières qui constituent des puits de carbone importants. Il est important de noter que les foyers améliorés permettent une

baisse de la consommation en bois d'environ 40% (GIZ et IOB, 2013). Aussi selon Fanny & Milena (2012) , ils permettent de réduire les besoins en bois d'environ 1,5 tonne/foyer/an en moyenne conduisant à 2,79 tonnes CO2e d'émissions évitées/foyer/an.

II.7.2.2. Démarche de l'action

Avant la mise en œuvre de cette action de compensation carbone, il est important d'effectuer des enquêtes auprès des populations environnantes de la mine de SEMAFO dans l'objectif d'avoir une idée de leurs manières d'utiliser la biomasse dans les ménages et leurs perceptions sur les foyers améliorés afin de mieux guider l'action et de pouvoir faire un meilleur suivi des impacts de celle-ci.

Nous avons choisi deux (02) villages à savoir Somona et Dangouna comme des zones pilotes pour l'action. En effet, ce choix se justifie par le fait que ces deux (02) localités sont celles qui ont été déplacées pour l'implantation de la mine de SEMAFO. Aussi, l'installation de la mine a participé à la croissance démographique de ces villages, ce qui par conséquent a un impact sur les ressources forestières de la zone.

La population à enquêter concerne les ménages déplacés des (2) deux villages sous l'ordre des présidents du Conseil Villageois de Développement respectifs par le biais d'un questionnaire et d'un guide d'entretien (Annexe 9). Ainsi, la taille de notre échantillon a été déterminée à travers la formule des effectifs sur un échantillonnage aléatoire. Il laisse la latitude à tous les ménages d'avoir la chance d'être enquêtés. La formule est la suivante :

$$\boldsymbol{n = \frac{N}{1+(N*e^2)}}$$

N : Taille de population (Nombre de ménage)

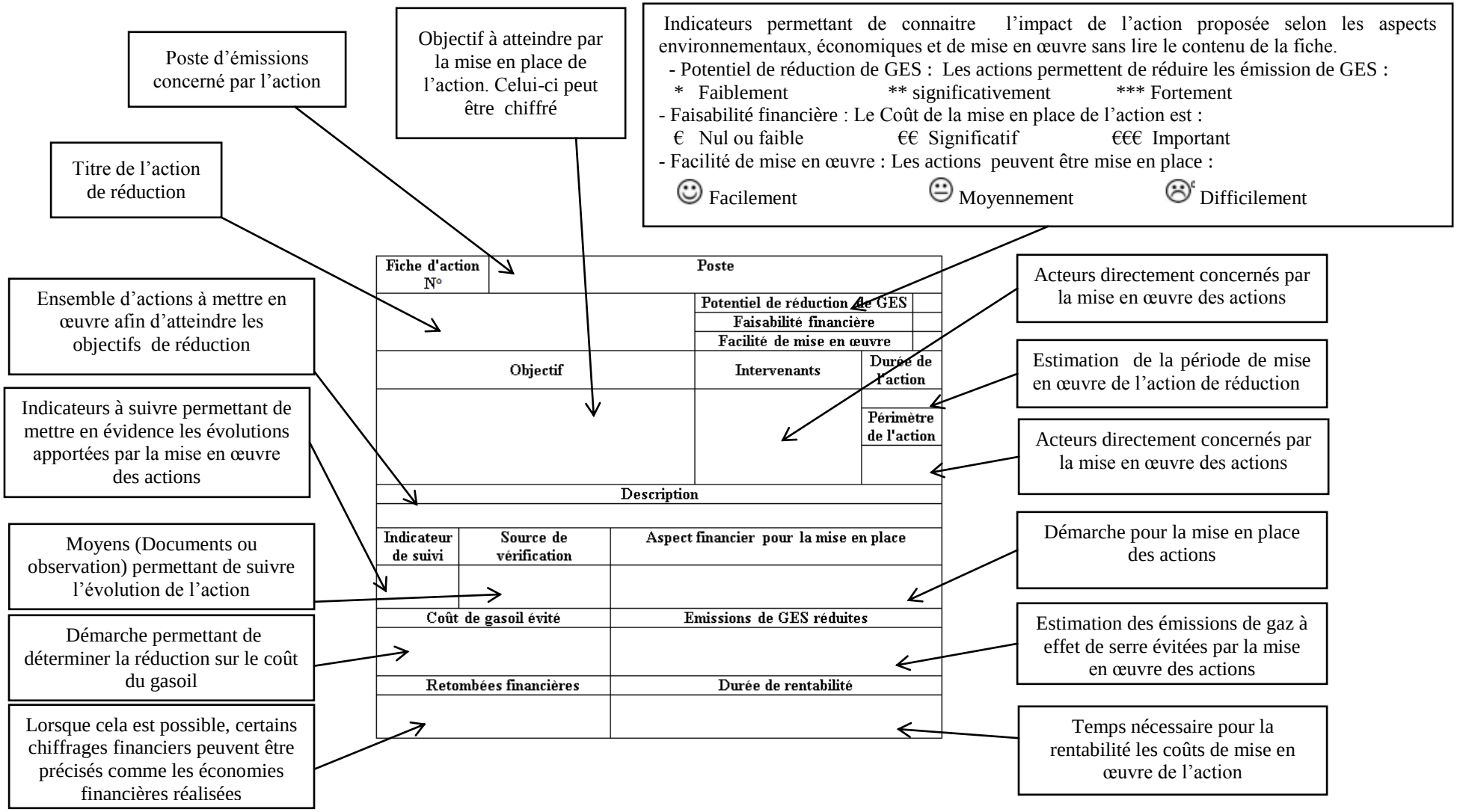
e : Niveau de précision pris à 10%

Ainsi, l'échantillon est de :

- 49 sur une population cible de 96 ménages pour Somona
- 74 sur une population cible de 276 ménages pour Dangouna

Par la suite, une enquête par entretien a été faite auprès des chefs de services départementaux de Kona et de Bana. Nous nous sommes servis des logiciels Sphinx Plus 2 et Microsoft Excel pour traiter et analyser les données recueillies. Ceci a consisté à faire ressortir les propositions des effectifs en fonction de chaque critère visé. Il fallait par la suite justifier les cas observés afin de faire un diagnostic pertinent.

Tableau 2: Synoptique du modèle de la fiche d'actions



CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.I. Facteurs d'émissions déterminés à partie du secteur des mines

Au cours du BEGES de SEMAFO BF SA, nous avons identifié plusieurs sources et facteurs d'émission (FE) correspondant qui ont été nouvellement intégrés dans la CIC de base de 2iE y compris ceux mis à jour. Cela montre l'importance de sectoriser la CIC dans le sens où elle diffère d'un domaine d'activité à un autre. En plus de ce constat, une comparaison entre les FE de cette étude et ceux de l'ADEME a été faite (tableau 4). Il ressort qu'en dehors des FE adaptés directement à partir de la base carbone de l'ADEME notamment le butane, le gaz réfrigérants, les réactifs, nous constatons des différences au niveau de certains FE qui sont entièrement liés aux données locales utilisées pour leurs déterminations. C'est le cas des engins lourds et légers, du transport aérien et des eaux minérales.

Tableau 3: Comparaison des facteurs d'émissions entre la Carte d'Identité Carbone et la Base Carbone®

SOURCES D'EMISSIONS		FE CIC (SEMAFO)	UNITE	FE BASE CARBONE
Butane		3,02	Tonnes CO_2e/kg de butane	3,02
Gaz réfrigérants		PRG du 5ième rapport du GIEC	Tonnes CO_2e/kg de réfrigérant	PRG du 5ième rapport du GIEC
Réactifs	**Soude caustique**	0,59	Tonnes CO_2e/Tonnes de réactif	0,59
	acide chlorhydrique	1,2		1,2
	Chaux	0,98		0,98
	Cyanure de sodium	7,06		7,06
	charbon actif	7		7
Explosifs		2,52	Tonnes CO_2e/Tonnes d'explosifs	2,52
Pneumatique		2,44	Tonnes CO_2e/Tonnes de pneus	2,44
Déchets liquides (eaux usées)		$0,7.10^{-4}$	Tonnes COe/Kg DCO rejeté	0,025
Recyclage des matériaux (Métaux ferreux et acier)		-2.1	Tonnes CO2e/Tonnes de matières recyclées	-2.1
Gasoil		2,77	Tonnes CO_2e/m^3 de gasoil	2,68
Engins lourds et légers		2,77	Tonnes CO_2e/m^3 de gasoil	2,68
Transport aérien	**Afrique de l'ouest**	$2,86.10^{-4}$	Tonnes CO_2e/Passagers.km	-
	Hors Afrique de l'ouest	$2,37.10^{-4}$		
	Amérique	$2,09.10^{-4}$		
Train		$2,4.10^{-5}$	Tonnes CO_2e/Tonnes.km	$2,26.10^{-5}$
Eaux minérale, 1,5 litre (Jirma)		$1,4.10^{-5}$	Tonnes CO2e/Tonnes de bouteille	$1,96.10^{-4}$ (0,5 litre)

III.2. Réalisation de la carte d'identité carbone de SEMAFO-Mana

Cette section donnera lieu de connaitre plus en détail les sources d'émissions (directes et indirectement) ainsi que les émissions évitées et le potentiel de séquestration du carbone pris en compte dans l'étude.

III.2.1. Identification des postes d'émissions de GES liées à la mine de mana

Les postes d'émissions de GES de la mine de Mana ont été identifiés (Tableau 5). Les GES qui en découlent sont constitués principalement du dioxyde de carbone (CO_2). Toutefois, le méthane (CH_4) et l'oxyde nitreux (NO_2) sont présents à certains postes d'émissions. Pour ce qui concerne les gaz fluorés, seuls les hydrofluorocarbures (HFC) et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) sont utilisés sur le site de Mana.

Tableau 4: Postes d'émissions et principaux GES associés à la mine de Mana

Type d'émissions	Postes d'émissions	Sources d'émissions	Types de GES				
			CO_2	CH_4	N_2O	PFC	HCFC
Emissions directes	**Sources fixes**	- Gasoil - Gaz naturel - Gaz frigorigènes	X			X	X
Emissions indirectes	**Transport**	- Bus et mini bus - Véhicules lourds - Véhicules légers - Avions	X				
	Matériaux	- Réactifs - Explosifs - Fer - Acier - Pneumatique - Peinture	X				
	Fret	- Terrestre - Train - Marine	X				
	Immobilisations	- Equipements Informatiques, Electriques et de sécurité	X				
	Déchets	- Déchets solides enfouis - Eaux usées traitées	X	X	X		
	Restauration	- Produits alimentaires	X	X	X		
Emissions évitées	**Facteurs négatifs**	- Déchets solides recyclés	X				
Séquestration du CO_2		- Biomasse (Arbres)	X				

III.2.2 Evaluation des émissions par poste

Pour l'évaluation des émissions, plusieurs données collectées au sein de la société d'accueil ont été utilisées ainsi que certaines hypothèses présentées en Annexe 4 . En rappel, les données d'activité ont été entachées d'incertitudes tout comme les facteurs d'émission. Ainsi, en prenant en compte les incertitudes globales, nous encadrons les résultats avec une limite inférieure et supérieure.

La CIC de SEMAFO Mana est détaillées en fonction de la quantité d'émissions des différents postes.

III.2.2.1. Poste Transport

Prenant en compte l'ensemble des déplacements internes et externes de la mine, le résultat des émissions de ce poste est illustré à la figure 6. Ainsi, le transport par les engins lourds notamment les dumpers, bennes et les excavateurs constitue la source la plus émettrice de l'ensemble. Il émet 62 389 tonnes CO2e soit 65% des émissions totales pour ce poste. Ces engins lourds sont de gros consommateurs en termes d'hydrocarbures et possèdent des volumes importants allant jusqu'à cent (100) tonnes de capacité pour le transport du minerai. Certes les véhicules miniers ont une consommation en carburant importante du fait de leur capacité et leur temps de fonctionnement. Cependant, plusieurs facteurs additionnels pourraient expliquer le constat cité précédemment. De prime abord, l'environnement minier est confronté à des terrains hautement accidentés en occurrence dans les différentes fosses d'où l'or est extrait. Ainsi, que ce soit pour la montée comme pour la descente dans les fosses, les camions exigent d'énormes quantités de gasoil pour leurs déplacements. Ensuite, la qualité du gasoil en est également une cause dans le sens où les filtres à gasoil ont tendance à être bouchés de manière précoce par les impuretés de celui-ci. Ce colmatage perturbe le système d'injection qui élève les besoins en carburant. Cela entraine donc le changement de ces filtres avant le temps préconisé, généralement fixé à 250 heures d'utilisation des camions. Il faudrait aussi ajouter qu'au niveau des fosses, il y la présence de plusieurs engins en activité dans un même périmètre (les excavateurs, les foreuses, les perles, les dumpers et les véhicules légers) ; ce qui provoque d'immenses quantités de poussières qui parfois restent longtemps suspendues dans l'air en période de chaleur. Ces poussières anticipent le colmatage des filtres à air entrainant une pollution du mélange air-gasoil par conséquent une surconsommation du carburant. Etant une source d'émissions typique aux activités d'exploitation minière, nous constatons que la flotte en engins lourds influe de façon drastique sur l'ensemble de ce poste. Cela justifie l'importance de son intégration dans notre évaluation. Un BEGES de ce type a été réalisé dans la mine de

Taparko (SOMITA) en 2012. Il a révélé que le poste ‘’transport’’ occupe la deuxième place sur l'ensemble des émissions de la mine. Bien vrai que la flotte en engins lourds dans son évaluation soit inférieure à celle utilisée dans le cas de SEMAFO, il est ressorti que 97% de ces émissions étaient imputables à l'utilisation de leurs engins lourds.

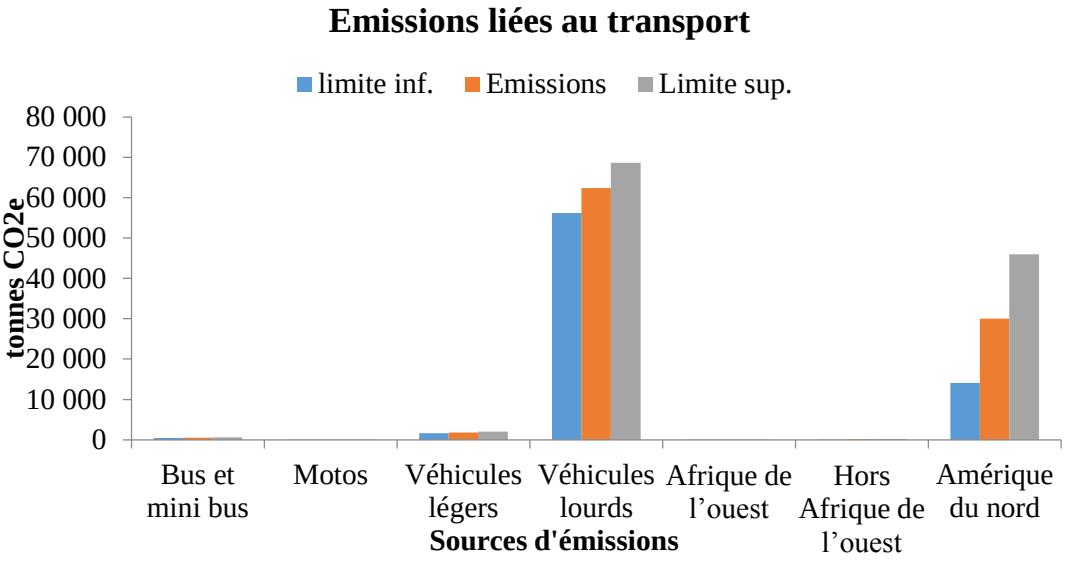


Figure 5 : Emissions liées au transport

En outre, le graphique montre que le déplacement du personnel par avion en direction de l'Amérique du Nord vient en seconde place avec des émissions de 35 000 Tonnes CO2e soit 32%. Ce type de transport domicile-travail concerne le personnel expatrié de la mine en provenance essentiellement de Montréal et New York. Les facteurs d'émissions des déplacements aériens étant quasiment les mêmes, ces émissions sont par conséquent importantes du faite des longues distances que parcourue ce personnel qui représente 86% de la totalité des employés expatriés qui effectue en moyenne six (06) déplacements (aller-retour) par an.

Les véhicules légers de type 4*4 constituent le moyen de déplacement privilégié du personnel sur site. Cependant, ceux-ci génèrent des émissions négligeables par rapport aux sources précédentes.

III.2.2.2. Poste Sources fixes

Ce poste est qualifié de source directe du fait que la société exerce un contrôle sur celui-ci et est le seul responsable en termes d'émission. La figure 7 illustre les émissions du poste « Sources fixes ». Les résultats montrent que la combustion du gasoil est la source la plus émettrice de l'ensemble de ce poste. Il émet 48 440 Tonnes CO2e soit 98% des émissions totales. En effet, le gasoil est la principale source de production d'énergie (source thermique) qui permet

le fonctionnement de l'usine de traitement du minerai de l'or y compris la consommation d'énergie des lignes aériennes de distribution sur tout le site. Avec les 17 générateurs au niveau de ses centrales et 40 générateurs mobiles, SEMAFO Mana a produit plus de 62 000 000 de kWh pour une consommation de 17 000 m3 de gasoil. Dans ce même registre, les émissions dues à l'énergie de la mine de Taparko, autrement dit à la combustion de carburant dans les installations de production électrique avoisinent celle de SEMAFO avec une consommation en gasoil de 14 640 m^3 contre 17 000 m^3 du côté de SEMAFO.

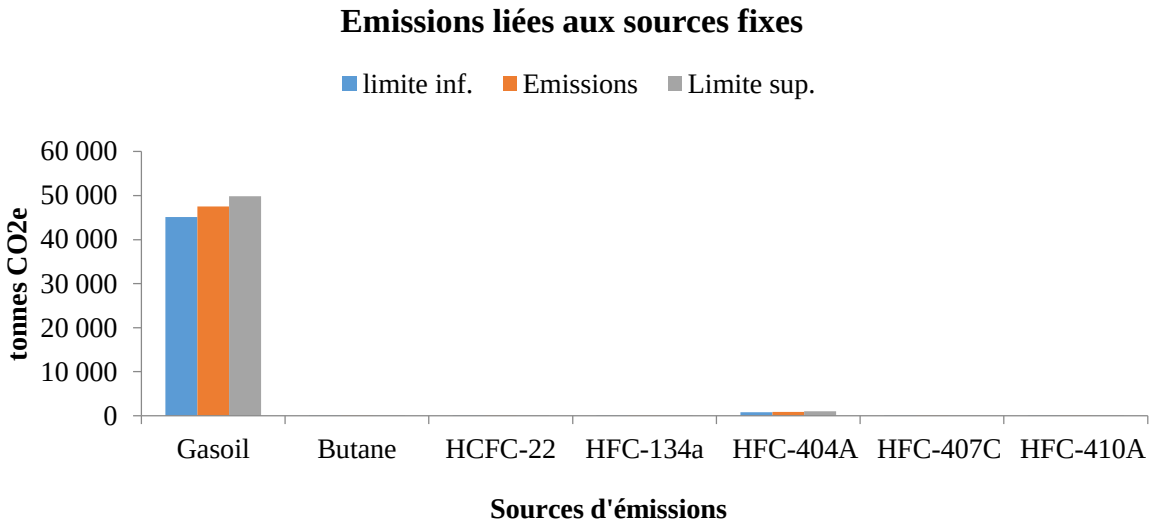


Figure 6 : Emissions liées aux sources fixes

Les 2% restants représentent les émissions résultant des fuites de gaz réfrigérants (Hydrofluorocarbure et Hydrochlorofluorocarbure) au cours du fonctionnement des équipements qui les abritent (climatiseurs, réfrigérateurs et chambres froides).

III.2.2.3. Poste Matériaux

Il ressort des résultats présentés sur la figure 8 que le dispositif explosif est le matériau qui produit plus d'émissions de GES avec 14 130 Tonnes CO2e soit 41% du poste. En effet, l'utilisation des explosifs est commune au secteur minier. Pour obtenir un maximum de minerai à traiter, cela nécessite une quantité importante d'explosif à mettre en place. S'ensuit l'utilisation des réactifs servant au traitement chimique de l'or par lixiviation au charbon actif représentant 34% des émissions du poste (le cyanure de sodium et la chaux en grande partie) soit 17 700 Tonnes CO_2e. En intégrant les explosifs et réactifs dans l'évaluation, nous constatons qu'ils ont un impact significatif sur l'ensemble du poste soit 75% des émissions d'où l'intérêt de les prendre en compte dans la CIC.

Il est suivi des matériaux de type acier avec 7 479 Tonnes CO2e soit 22 % des émissions. Ces matériaux interviennent en grande partie dans l'entretien des engins roulants et de l'usine en tant que pièces de rechange.

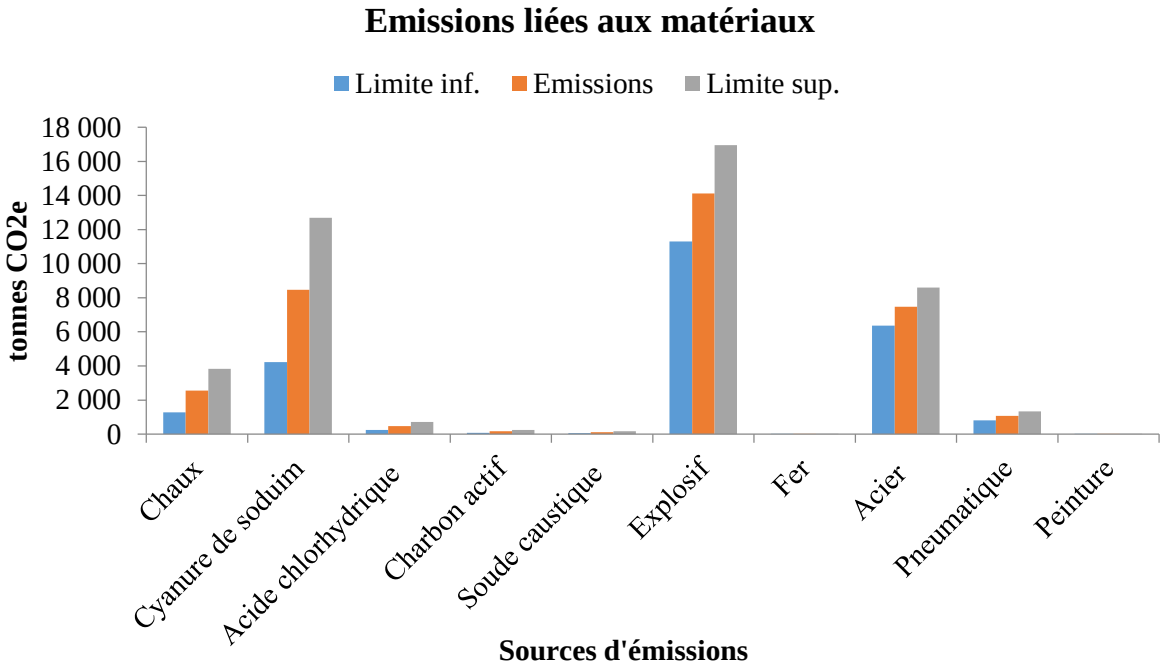


Figure 7 : Emissions liées aux matériaux

III.2.2.4. Poste Fret

Les résultats obtenus sont consignés dans la figure 9. Nous observons une forte émission des GES produite par le fret terrestre qui regroupe le transport des hydrocarbures depuis Cotonou, Lomé, Tema et Abidjan, des produits alimentaires en provenance de Bobo et Ouagadougou et de certains matériaux acheminés de Bobo, Tema et Takoradi jusqu'à la mine de Mana. En effet, Le fret par voie terrestre est à l'origine de 82% des émissions totales de ce poste avec 6448,9 Tonnes CO2e.

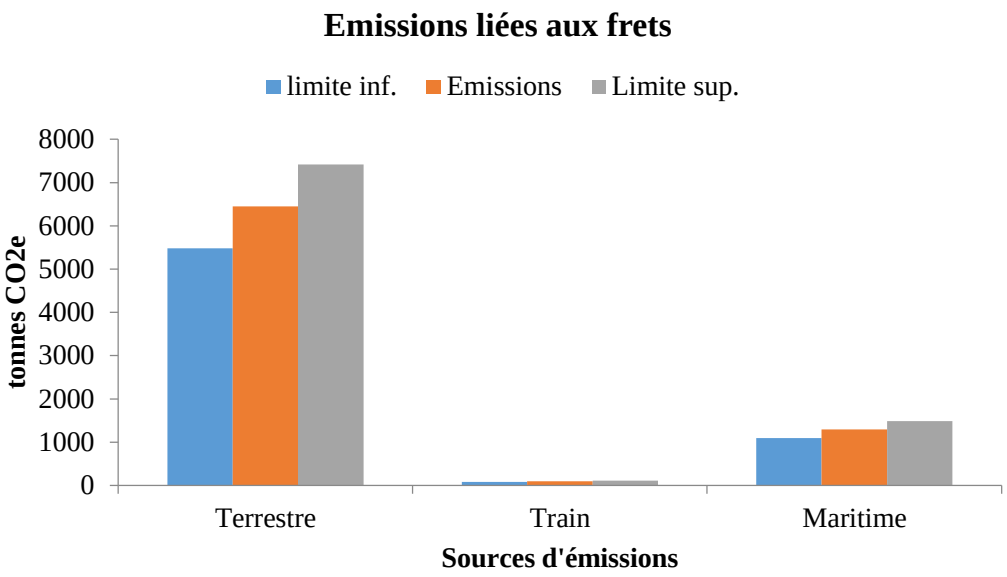


Figure 8 : Emissions liées aux frets

Le transport des matériaux par la voie maritime constitue la deuxième source d'émission de GES avec 1293 Tonnes CO2e correspondant à 17% des émissions totale des frets. Selon les données collectées, ces matériaux proviennent de l'Europe (précisément de l'Espagne pour les boulets, de la France pour les pneus) et de l'Asie en Corée du sud pour le cyanure de sodium. Bien que les distances existantes d'un port à un autre soient importantes, le trafic marin demeure le moyen de transport de marchandises à longues distances le plus accessible. Il représente 85% du transport mondial (ISOfocus, 2017). Pour la mine de Mana, ce type de fret reste le moyen privilégié du transport de ces matériaux hors Afrique.

Le fret ferroviaire engendre sur l'ensemble des émissions 98 Tonnes CO2e soit 1,3% sur la totalité des émissions de ce poste. Ce fret à quasiment le même facteur d'émission de GES que celui du fret maritime à la différence qu'il est moins pratiqué pour le transport des matériaux sur le site dans le sens où il est peu répandu en Afrique de l'ouest donc ceci conduit à une utilisation limitée de ce moyen de transport.

III.2.2.5. Poste Immobilisations

Les émissions induites par les immobilisations de la mine de SEMAFO présentées sur la figure 10 sont dominées par l'utilisation des climatiseurs. Elles représentent 1149 Tonnes CO2e soit 85 % des émissions liées à ce poste. Cela s'explique par le fait que les résidences de la base vie, les bureaux et bâtiments administratifs au niveau de l'usine pour la plupart de type conteneur sont tous équipés d'au moins un climatiseur, soit un total de 472 climatiseurs. Les ordinateurs (portables et bureau), pour leurs parts, indiquent des émissions allant à 155 Tonnes CO2e soit

environ 12% des émissions. Ils secondent les émissions dues aux climatisations. Etant un secteur industriel, l'usage des ordinateurs est indispensable pour la bonne coordination des activités. Il est important de noter qu'un ordinateur émet une quantité importante de CO_2. En effet, il génère lors de la fabrication environ 950 Kg CO2e (Frédéric, 2010) et sont conçus pour la plupart en Asie. Il est donc recommandé dans ce cas de figure, de les utiliser sur de longues durées.

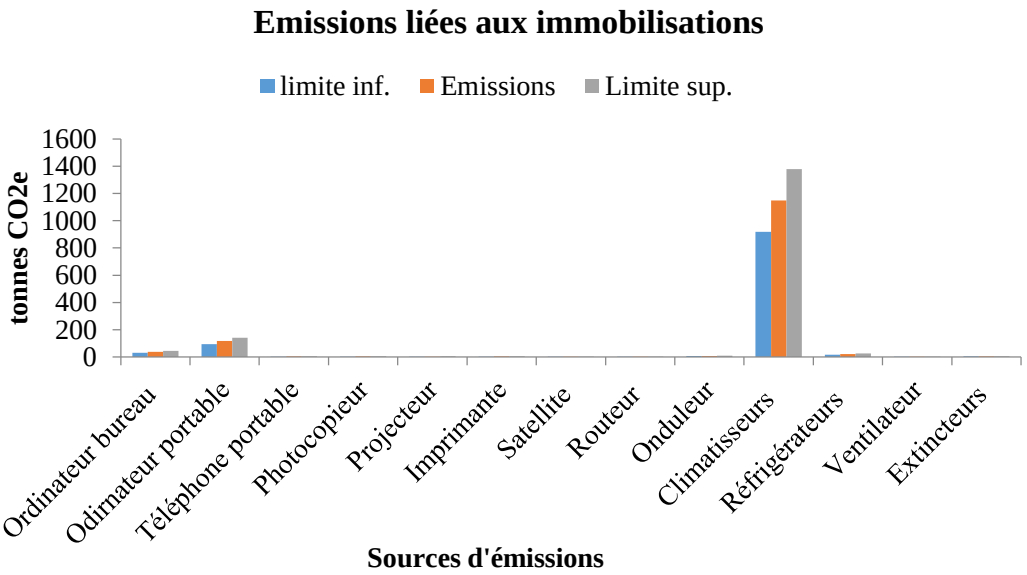


Figure 9 : Emissions liées aux immobilisations

III.2.2.6. Poste Déchets

Pour la production des déchets liquides et solides, nous nous sommes intéressés respectivement à la quantité de DCO de l'ensemble des eaux rejetées à la STEP et à la quantité des déchets acheminés au centre d'enfouissement.

Présenté sur la figure 11, les déchets destinés à être enfouis émettent le plus d'émissions en termes de GES dans la gestion des déchets avec 172 tonnes CO2e soit 98 % des émissions totales des déchets. En effet, la décomposition de ces déchets solides engendre des émissions lors de la formation du biogaz composé en majorité de CO_2 et de CH_4 ainsi que du N_2O en faible proportion (Baldasano et Soriano, 2000) .

Les eaux usées traitées de la mine de Mana génèrent de faibles émissions estimées à moins de 2 tonnes CO2e. En pratique, pour considérer les émissions des eaux usées, il faut un temps de séjour minimum en conditions anaérobies (bassin anaérobie) et une concentration minimale des eaux usées en matières organiques (ADEME, 2017). En effet, l'effluent traité est issu d'un système de lagunage à microphytes avec un débit d'environ 12 000 m^3 par an. Il provient de la Base vie abritant plus de 130 chambres, une buanderie et un restaurant. Le système

fonctionne dans des conditions anaérobies avec un temps de séjour de 1,1 jour (bassin anaérobie) et les eaux usées prises en compte dans le lagunage respectent la gamme de référence sur la biodégradabilité selon le rapport DCO/DBO < 2 (Kiendrebeogo, 2016).

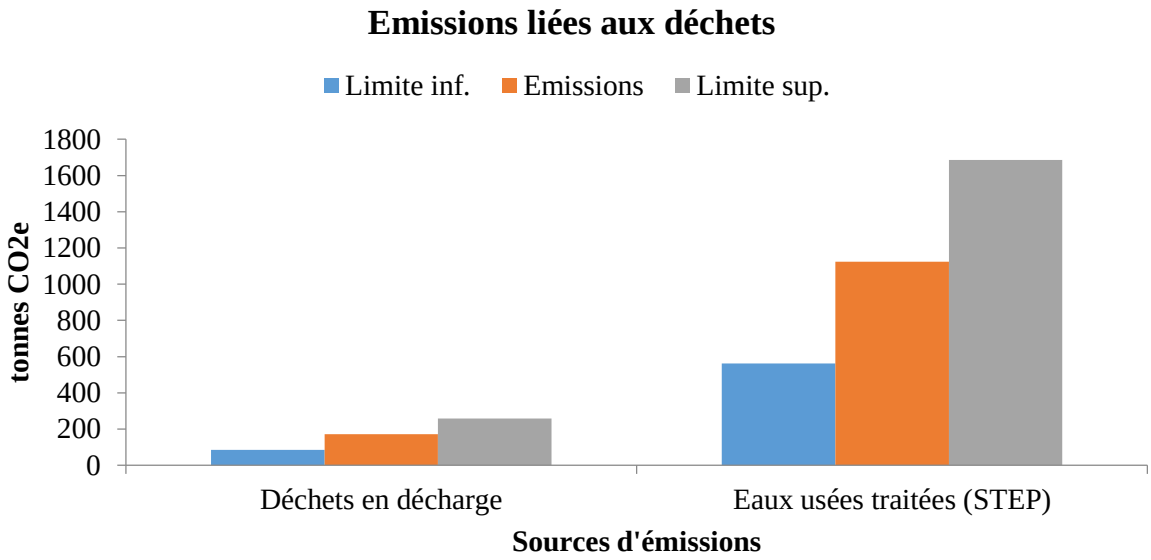


Figure 10 : Emissions liées aux déchets

III.2.2.7. Poste Restauration

Cette catégorie tient compte des produits alimentaires utilisés pour la restauration du personnel de la mine. Les quantités des émissions dues à ce poste sont présentées sur la figure 12. Le présent graphique montre que les émissions liées à la restauration sont dues à la consommation du bœuf, du riz et des légumes estimées à 75% de l'ensemble du poste. Les autres aliments notamment l'agneau, le porc, le poisson, le poulet, les fruits et les boissons gazeuses et les eaux minérales sont repartis sur les 25% restant.

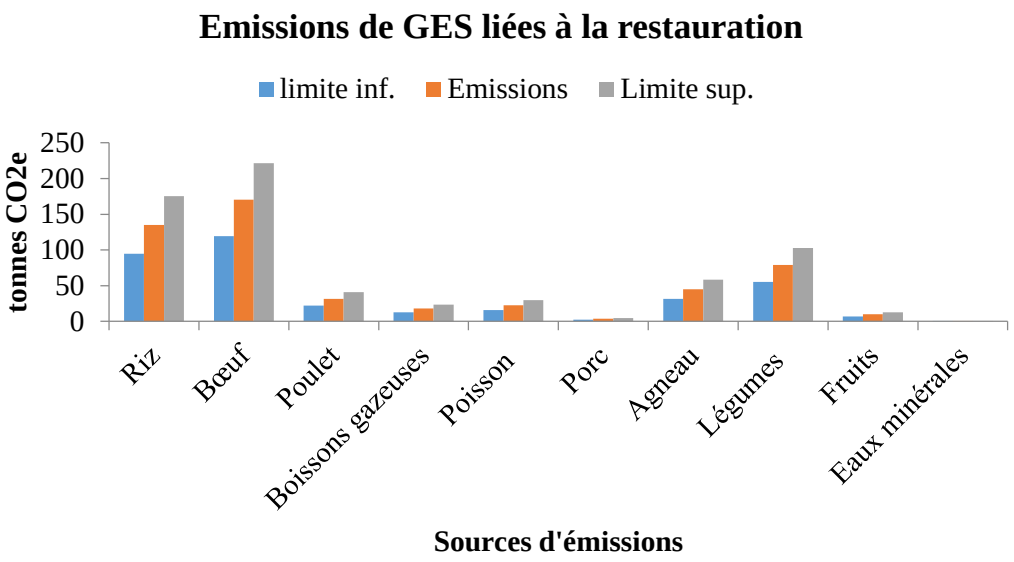


Figure 11 : Emissions de GES liées à la restauration

III.2.2.8. Poste Facteurs négatifs

Les facteurs négatifs traduisent les diverses actions initiées par SEMAFO pour réduire les impacts de son activité sur l'environnement en guise de compensation de ces émissions de GES.

- **Emissions évitées**

Les émissions évitées sont considérées comme équivalentes aux émissions qu'il aurait fallu générer pour produire la matière selon les modes de productions classiques (ADEME 2010). Ainsi, la figure 13 montre que le recyclage des matières ferreuses permet d'éviter 2032 Tonnes CO2e. En effet, ces matières sont issues entre autres des étapes de broyage et des ateliers de maintenance des engins. Il est à noter que leur recyclage est pris en charge par une entreprise sous-traitante. Plus largement, l'importance de prendre ce type d'émission en compte repose sur le fait qu'on économise des émissions liées d'une part à l'extraction et au transport de la matière première et d'autre part à la production des fontes dans le haut-fourneau au cours de la production de la matière (ADEME, 2010).

- **Séquestration du CO_2 par les arbres**

Les mesures dendrométriques ont pris en compte deux différentes zones à savoir l'usine de traitement et la base vie dans lesquelles nous avons identifié onze (11) placeaux pour une superficie unitaire de 1000 m^2 soit 11000 m^2 au total. Sur ces placeaux, nous avons procédé à l'identification de 47 des espèces floristiques (Annexe 8) qui s'avèrent être les plus dominantes de la zone.

Se basant sur l'équation allométrique généralisée des espèces de la boucle du Mouhoun, nous avons eu une biomasse estimée à environ 1000 Tonnes CO2e (figure 13). Cette estimation qui se limite à la zone protégée de la mine précisément la base vie et l'usine de traitement n'est pas exhaustive. Par ailleurs, SEMAFO dans sa politique, procède à l'enrichissement et à la préservation de l'ensemble des espèces floristiques depuis son installation à Mana sur la base de son PGES et dans les localités environnants par la réalisation de clôture de son site en interdisant la coupe des arbres.

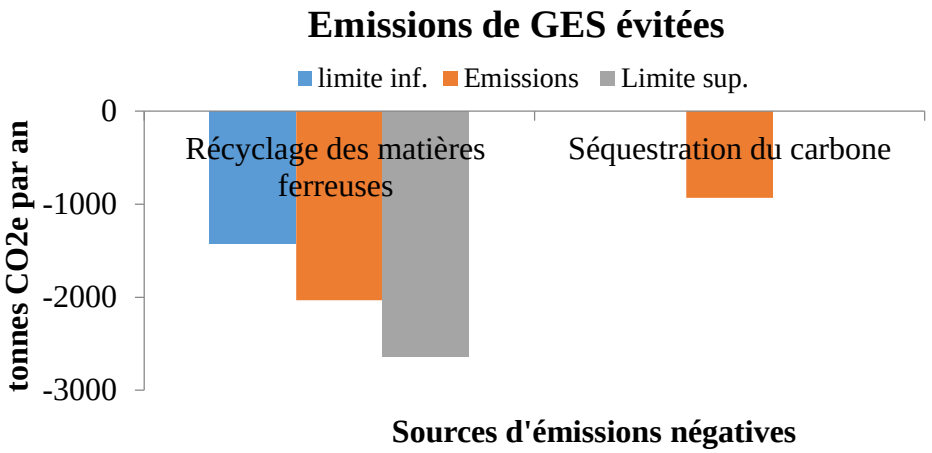


Figure 12 : Emissions de GES évitées

Le total des facteurs négatifs conduisant à des compensations carbones sont de l'ordre de 3000 tonnes CO2e.

III.2.3. Evaluation globale des émissions de GES de la mine de Mana

La figure 5 présente les résultats de l'évaluation globale de la CIC de la mine de Mana. Elle montre que la mine de Mana a généré au cours de l'année 2016 des émissions qui s'élèvent à 184 883 tonnes CO_2e.

Le poste ''transport'' vient en première position, représentant 51% des émissions totales générées par la mine soit 95 047 tonnes CO2e. Etant une mine industrielle, elle utilise pour ses activités un grand nombre d'engins lourds sans lesquels la mine ne peut fonctionner. Ceux-ci assurent les activités d'excavation, de chargement et de transport du minerai vers l'usine de traitement mais également l'entretien des routes. Aussi, faut-il noter que les déplacements de son personnel (nationaux et expatriés) impacte forcement les émissions du transport.

Le poste ‘’sources fixes’’ vient en seconde position avec des émissions de 48 440 tonnes CO2e soit un quart (1/4) des émissions totales. La mine fonctionne 7j/7, 24h/24 et est indépendante du réseau d'électricité de la SONABEL. Elle est équipée de générateurs (fixes et mobiles) assurant la totalité du fonctionnement de l'usine et de la production d'électricité sur le site.

Classé en troisième position, le poste ‘’matériaux’’ majoritairement composé des intrants du processus cœur métier de l'exploitation minière que sont les activités de dynamitage, de traitement du minerai et de maintenance des équipements. Evalué à 34 480 tonnes CO2e soit 18%, cette proportion d'émissions s'explique par le fait que ces matériaux sont indispensables à la vie de la mine.

Le poste ‘’frets’’ occupe la quatrième position en engendrant 7 840 tonnes CO2e soit 4% des émissions de GES globales dans le déplacement des matériaux, hydrocarbures et produits alimentaires.

Les postes ‘’immobilisations’’, ‘’déchets’’ et ‘’restauration’’ sont négligeables face aux émissions des postes précédemment cités avec moins de 3% des émissions globale des GES. En effet, ceux-ci ne font pas parti des processus clés de l'exploitation minière et sont qualifiées d'activités secondaires.

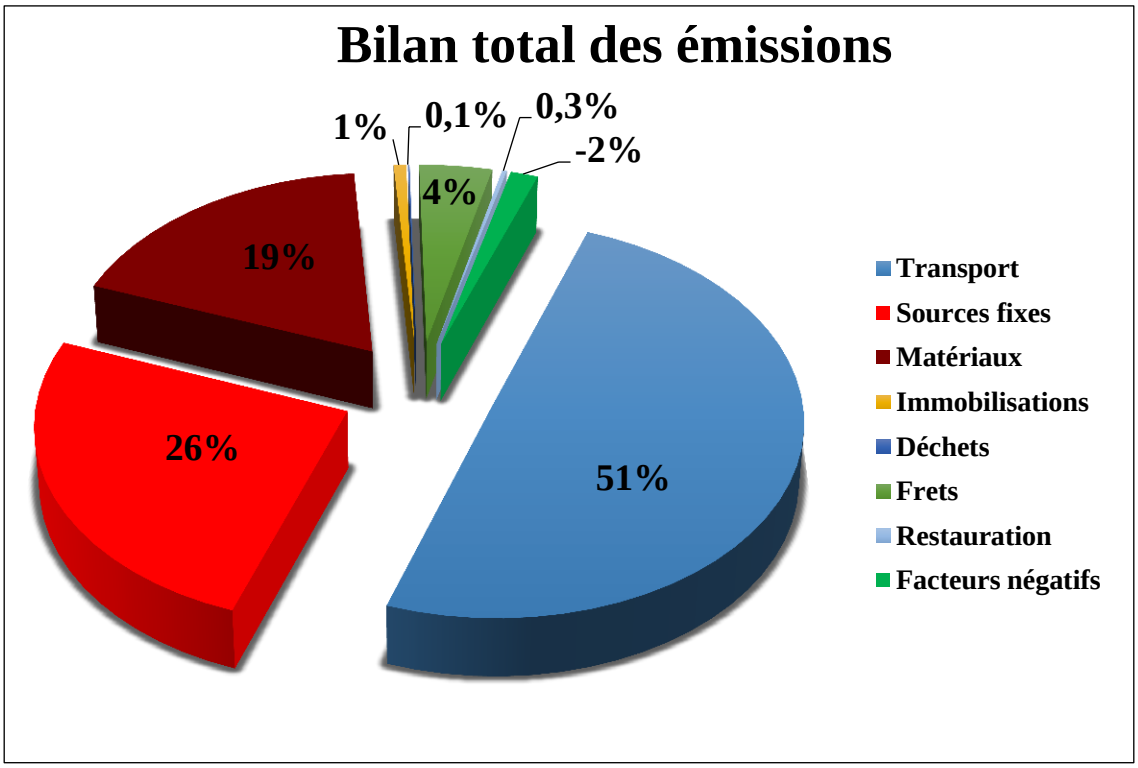


Figure 13: Bilan total des émissions de GES de la mine de Mana

Qualifier de sources de compensation carbone, les facteurs négatifs comprenant le recyclage des métaux et le potentiel de séquestration du CO_2 ont été estimés dans l'ordre de -3000 Tonnes CO_2e.

La hiérarchisation des postes à fortes émissions issues de cette évaluation a été comparée à deux (02) BEGES dans le domaine minier au Burkina Faso (Annexe 3).

En se basant sur ces deux (02) études antérieures, nous pouvons constater que les postes à fortes émissions sont l'énergie et le transport auxquels s'ajoutent les matériaux. Ces résultats viennent confirmer les nôtres.

En comparaison avec l'estimation faite par le service Environnement dans son rapport de développement durable de 2016 basée sur la consommation en hydrocarbures pour toutes les activités confondues de la mine, la CIC réalisée donne un bilan supérieur à celle-ci (avec un périmètre plus important et éclatée) soit 184 883 Tonnes CO2e contre 110 561 Tonnes CO2e (SEMAFO, 2016). Ainsi, constatons-nous que les émissions déterminées préalablement par la mine représentent environ 60% de la CIC effectuée par notre étude. Cette proportion montre l'intérêt d'utiliser un outil comme la CIC pour l'évaluation des émissions de GES d'une organisation donnée du fait qu'elle permet d'aller au-delà de la consommation des énergies fossiles imputables directement et indirectement à celle-ci et d'être dans la même démarche que les outils développés dans le contexte des pays industrialisés (Bilan Carbone®, Greenhouse Gas Protocol).

Il convient de ramener l'évaluation globale des émissions de GES à la quantité d'or produite afin de pondérer cette valeur et de suivre l'évolution de la carte d'identité carbone de la structure dans les années à venir. De ce fait, en 2016, SEMAFO-Mana dans ses activités d'exploitation a produit 7471 Kg d'or (240 200 Onces). Ainsi, ressort-il de manière globale, une émission de 25 Tonnes CO2e par Kg d'or produit.

CHAPITRE IV : PROPOSITIONS DE SOLUTIONS DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES

Il ressort que l'évaluation des émissions de GES permet d'avoir une estimation plus précise de l'impact environnemental du fonctionnement de la mine de Mana, de cibler les sources d'émissions susceptibles d'être réduites et de conduire à une politique de réduction des impacts environnementaux. Les propositions de solutions sont établies sur une période globale de deux (02) ans à partir de leurs mises en œuvre et pourront être évaluées au travers de la prochaine réalisation de la CIC de la mine. Les résultats montrent que les postes qui génèrent les plus fortes émissions sont le transport, les sources fixes et les matériaux ; les solutions proposées ici porteront donc essentiellement sur ces derniers conformément aux objectifs spécifiques.

IV.1. Poste Transport

Evalué à 51% de l'ensemble des émissions, le transport fait partie du maillon essentiel de la vie d'une mine. De manière globale, les sources ayant les émissions importantes sont les véhicules lourds et le déplacement des expatriés à destination de l'Amérique du nord. Se basant sur la politique sociale de SEMAFO qui prône le bien-être de son personnel, la marge de manœuvre de réduction des émissions dues au déplacement du personnel est limitée vu qu'il concerne la période à laquelle les expatriés et les nationaux observent leurs jours de repos aux côtés de leurs familles respectives. De plus, il importe de mettre en relief la dépendance géographique à laquelle l'industrie minière est confrontée. En effet, comme la mine doit exploiter le gisement là où il se trouve, elle n'a pas le choix quant à l'endroit où elle doit s'installer. De ce fait, SEMAFO se voit heurter à toute éventuelle action de réduction sur cette source. Cependant, sur les véhicules lourds et légers, des actions pourraient être mises en place dans l'optique de réduire leurs consommations en carburant. Au regard des facteurs influant la demande en gasoil cités plus haut, nous pouvons agir sur les distances (fosses d'exploitation - usine de traitement) que parcours les engins (SEMAFO et Sous-traitants). En effet, la conduite des camions peut engendrer des surconsommations non négligeables qui peuvent être en grande partie évitées en pratiquant l'éco-conduite (Fiche d'action N° 1, tableau 5). Elle prend en compte les conducteurs de SEMAFO (129) et ceux des entreprises sous-traitantes (71 soit 40 pour GECAUMINE et 31 pour Globex Construction). Partant d'une formation théorique et pratique dispensée par une structure spécialisée en la matière, elle visera les changements et le renforcement des comportements des conducteurs à des fins de conduite écologique et économique permettant de réduire de 5 à 15% la consommation en carburant des engins (Hong

Tu LUU, 2011 ; Cindie Andrieu, 2009). Par ailleurs, une deuxième action peut être mise sur pied uniquement au niveau de l'utilisation des véhicules légers. Elle a pour but de réduire la consommation de carburant des véhicules concernant le trajet domicile (Base vie)-Usine en adoptant le déplacement doux (Fiche d'action N° 2, tableau 6). Cette action consiste à l'utilisation des moyens de transport qui ne génèrent aucune émission de GES dans leurs fonctionnements autrement dit, faire usage des bicyclettes ou pratiquer la marche sur une distance estimée à un (01) kilomètre. En plus d'éviter les émissions, elle participera au bien-être du personnel dans le sens qu'elle pourrait constituer une activité sportive.

En troisième point, les émissions dues à l'utilisation des motos par le personnel pour le déplacement domicile (hors Base vie)-Usine estimée en moyenne à 35 motos/jour peuvent se voir quasiment évitées en incitant ce personnel résidant hors de la Base vie (parcourant en moyenne 5 km pour rejoindre l'usine) à l'utilisation exclusive du transport en commun (Fiche d'action N° 3, tableau 7). Ce choix vient du constat que les bus et mini bus déployés pour le déplacement de ce groupe d'employés ne sont pratiquement jamais plein. N'ayant que des impacts positifs en termes de réduction des GES, l'action permettra toutefois à ce personnel de réduire tout risque d'accident auquel ils s'exposent dans l'usage des moyens de transport personnel.

En somme, l'ensemble des solutions ci-dessus permettent de réduire chaque année les émissions de GES de 3100 Tonnes CO2e pour un coût d'environ 23 450 000 f CFA. Toutefois, de ces propositions sortent des gains financiers allant jusqu'à 684 429 800 f CFA.

Tableau 5 : Fiche d'action N° 1 de réduction des GES

<table>
<tr><td colspan="2">Fiche d'action N° 1</td><td colspan="3">Poste : Transport/Déplacement des engins lourds
95 000 Tonne CO_2e</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">PRATIQUE DE L'ECO-CONDUITE</td><td>Potentiel de réduction de GES</td><td>**</td></tr>
<tr><td>Faisabilité financière</td><td>€€</td></tr>
<tr><td>Facilité de mise en œuvre</td><td>😐</td></tr>
<tr><td colspan="2">Objectif</td><td>Intervenants</td><td>Durée de l'action</td></tr>
<tr><td colspan="2">Réduction de la consommation de carburant des engins légers et lourds de 5% sur 2 ans</td><td>Direction
Garages
Conducteurs Engins lourds
Service santé sécurité
Service environnement
Autres employés</td><td>Moyen et long terme
Périmètre de l'action
Site d'exploitation de Mana</td></tr>
<tr><td colspan="5">Description
La pratique de l'éco-conduite passe préalablement par des sensibilisations et des formations à l'endroit des conducteurs qui, au travers des essais en situation réelles sont suivis dans l'optique d'apprécier l'évolution des formations dispensées. La formation à cette pratique peut être déroulée de la façon suivante :
- Présentation de la formation à l'éco-conduite
- Observation et mesures des pratiques habituelles de conduite
- Formation théorique et pratique
- Restitution, mise en situation réelle et mesure des améliorations
- Analyse et exploitation des données issues des mesures enregistrées par la structure de formation
- Synthèse et bilan de l'action de la formation</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indicateur de suivi</td><td>Source de vérification</td><td colspan="2">Aspect financier pour la mise en place</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">- Quantité de carburant consommé
- Nombre de formations à l'éco-conduite dispensées
- Nombre d'agents formés à l'éco conduite</td><td rowspan="4">- Fiches de relevé de la consommation en gasoil
- Rapport mensuel de TOTAL</td><td>Durée de formation (Jours)</td><td>15</td></tr>
<tr><td>Nombre de personne à former (Conducteur SEMAFO et sous-traitants)</td><td>200</td></tr>
<tr><td>Coût moyen de la formation par jour</td><td>350 000 f par groupe de 5 personnes</td></tr>
<tr><td colspan="2">Coût total de la formation
350 000 f * 40
14 000 000 f CFA</td></tr>
<tr><td colspan="2">Coût de gasoil évité</td><td colspan="3">Emissions de GES réduites</td></tr>
<tr><td colspan="2">- Consommation des engins roulants : 23 183 m^3
- Quantité de carburant économisé :
22 522 m^3 * 5% = 1 126 m^3
- Dépense évitée :
1 159 000 L * 618 f (Prix / l de gasoil)
695 929 800 F CFA</td><td colspan="3">- Quantité de carburant économisé :
23 183 m3 * 5% = 1 126 m^3
- FE du gasoil : 2,77 Tonne CO_2e/m^3
- Emissions de GES évitées :
1 126 m^3 * 2,77 Tonne CO_2e/ m^3
3 018 Tonne CO_2e</td></tr>
<tr><td colspan="2">Retombées financières</td><td colspan="3">Durée de rentabilité</td></tr>
<tr><td colspan="2">Coût évité (sur 1 an) - Coût total de la formation
695 929 800 F CFA – 14 000 000 F CFA
681 929 800 F CFA</td><td colspan="3">1 an</td></tr>
</table>

Tableau 6 : Fiche d'action N° 2 de réduction des GES

<table>
<tr><td>Fiche d'action N° 2</td><td colspan="3">Poste : Transport/Déplacement du personnel
95 000 Tonne CO_2e</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ADOPTION DU DEPLACEMENT DOUX</td><td colspan="2">Potentiel de réduction de GES</td><td>*</td></tr>
<tr><td colspan="2">Faisabilité financière</td><td>€</td></tr>
<tr><td colspan="2">Facilité de mise en œuvre</td><td>☺</td></tr>
<tr><td>Objectif</td><td>Intervenants</td><td colspan="2">Durée de l'action</td></tr>
<tr><td>Réduction de la consommation de carburant liée au déplacement du personnel de la Base vie de 2% dans l'utilisation des bicyclettes</td><td rowspan="2">Direction
Service Santé Sécurité
Service environnement
Employés</td><td colspan="2">Moyen et long terme</td></tr>
<tr><td colspan="2">Périmètre de l'action
Site d'exploitation de Mana</td></tr>
<tr><td colspan="4">Description
- Sensibilisation du personnel sur l'importance de l'utilisation des bicyclettes surtout les bienfaits sur la santé
- Achat des bicyclettes et aménager un espace de stationnement à effet</td></tr>
<tr><td>Indicateur de suivi</td><td>Source de vérification</td><td colspan="2">Aspect financier pour la mise en place</td></tr>
<tr><td>Taux d'occupation journalier du parking à bicyclettes</td><td>Observation sur le terrain</td><td colspan="2">Coût d'achat des bicyclettes estimé à 70 000f
Coût total = 70 000f * 135 employés (Base vie)
Coût total d'achat = 9 450 000f</td></tr>
<tr><td colspan="2">Coût de gasoil évité</td><td colspan="2">Emissions des GES réduites</td></tr>
<tr><td colspan="2">- Distance estimée Base vie/Usine = 1 km
- Distance annuelle Base vie/Usine (aller-retour) :
1 km * 4 *365 jrs * 79 véhicules = 115 340 km
- Consommation moyenne (véhicule 4*4) : 10 litre/100km
- Quantité de gasoil évitée :
115 340 km * 10 L / 100 km = 11 534 litres
- Dépense évitée :
11 534 litres * 618 f/l de gasoil
7 128 000 F CFA/an</td><td colspan="2">- Quantité de gasoil évitée :
162 060 km * 10 L / 100 km = 11 530 litres
- FE du gasoil : 2,77 Tonne CO_2e/m^3
- Emissions de GES évitées :
12 m^3 * 2,77 Tonne CO_2e/m^3
33 Tonne CO_2e/an</td></tr>
<tr><td colspan="2">Retombées financières</td><td colspan="2">Durée de rentabilité</td></tr>
<tr><td colspan="2">Coût évité (sur 2 ans) - Coût total d'achat
14 256 000F CFA - 9 450 000 F CFA
4 806 000 F CFA</td><td colspan="2">2 ans</td></tr>
</table>

Tableau 7 : Fiche d'action N^{O} 3 de réduction des GES

<table>
<tr><td colspan="2">Fiche d'action N°3</td><td colspan="3">Poste : Transport/Déplacement du personnel
95 000 Tonne CO_2e</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">PROMOUVOIR LE TRANSPORT EN COMMUN</td><td>Potentiel de réduction de GES</td><td>*</td></tr>
<tr><td>Faisabilité financière</td><td>€</td></tr>
<tr><td>Facilité de mise en œuvre</td><td>☺</td></tr>
<tr><td colspan="2">Objectif</td><td>Intervenants</td><td>Durée de l'action</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Réduction des émissions de GES liés au déplacement du personnel habitant hors base vie à l'usine</td><td rowspan="2">Direction
Service Santé Sécurité
Service environnement
Employés</td><td>Court terme</td></tr>
<tr><td>Périmètre de l'action
Site d'exploitation de Mana</td></tr>
<tr><td colspan="4">Description</td></tr>
<tr><td colspan="4">- Sensibilisation sur l'intérêt de l'utilisation du transport en commun
- Incitation à l'utilisation exclusive du transport en commun</td></tr>
<tr><td>Indicateur de suivi</td><td>Source de vérification</td><td colspan="2">Aspect financier</td></tr>
<tr><td>Nombre de moto du personnel stationnée au parking</td><td>Observation sur le terrain</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Retombées financières</td><td colspan="2">Emissions réduites</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">- Distance hébergement hors base vie/usine = 5 km
- Distance annuelle hébergement hors base vie/usine (aller-retour) :
5 km *4*365 jrs * 35 motos = 255 500 km
- FE d'une moto : 258.10^{-6} Tonne CO_2e/km
- Emissions de GES évitées :
255 500 km * 258.10^{-6} Tonne CO_2e/km
66 Tonne CO_2e/an</td></tr>
</table>

IV.2. Poste Sources fixes

Il ressort de l'analyse du bilan que 98% des émissions dues à ce poste découlent de l'utilisation du gasoil spécifiquement, pour la fourniture en électricité sur l'ensemble du site estimé à environ 9 MW. Etant elle-même productrice de son énergie, cela induit à SEMAFO des émissions directement liées à son activité d'exploitation qui peuvent être réduites.

Un projet de station de connexion de la mine au réseau électrique de la SONABEL est en cours de réalisation ; il aura un double avantage celui de faire baisser les couts liés à la consommation d'énergie des lignes aériennes de distribution sur le site, et de réduire les émissions de GES générées directement par SEMAFO (Fiche d'action N° 4, tableau 9). Cette connexion est alimentée par le réseau de la compagnie nationale d'électricité SONABEL. Pour les premières estimations, elle donne la possibilité de recevoir une capacité maximale de 2 MW. En plus de cela, un programme de mise en place des tours de lumière utilisant des panneaux photovoltaïques au niveau des différentes fosses d'exploitation est en cours sur l'ensemble du site. Egalement, un projet d'une centrale solaire qui est en vue serait une opportunité en termes de réduction de la quantité d'énergie fossile consommée par la centrale électrique de la mine.

Appliquer cette solution au niveau de la centrale électrique permettra d'éviter 13 102 tonnes CO2e imputables directement à la mine pour des dépenses annuelles élevée à 128 774 000 F FCA. Celle-ci réduira le coût des hydrocarbures avec des retombées financières annuelles de 2 794 626 000 f CFA.

Tableau 8 : Fiche d'action N^{O} 4 de réduction des GES

Fiche d'action N°4	**Poste : Sources fixes / Consommation en gasoil 48 440 Tonne CO_2e**	
MISE EN FONCTION DE LA STATION DE CONNEXION DE LA MINE AU RESEAU ELECTRIQUE DE LA SONABEL	**Potentiel de réduction de GES**	***
	Faisabilité financière	€€€
	Facilité de mise en œuvre	😐

Objectif	**Intervenants**	**Durée de l'action**
Réduction de 2 MW sur la capacité de production de la centrale électrique de la mine liés à la consommation d'énergie des lignes aériennes de distribution	Direction Centrale électrique	Moyen et long terme
		Périmètre de l'action
		Site d'exploitation de Mana

Description
- Construction de la station de raccordement au réseau électrique de la SONABEL - Mise en place d'une ligne aérienne de 2,5 km et un câble souterrain pour recevoir 33 kV du réseau de la compagnie nationale d'électricité SONABEL - Construction d'une salle électrique

Indicateur de suivi	**Source de vérification**	**Aspect financier pour la mise en place**
- Energie annuelle délivrée - Consommation en gasoil de la centrale électrique	- Rapport annuel du service Centrale Electrique	- Coût de production d'un (1) kW par an : 64 387 FCFA (Tarification SONABEL) - Puissance maximale produite : 2000 kW - Coût de production totale annuelle : 2000 kW * 64 387 FCFA **128 774 000 FCFA**

Coût de gasoil évité	**Emissions de GES réduites**
- Quantité de gasoil évitée par les 2MW de la station électrique : 2000 kW * 24 *365 *0,27 l de gasoil/kWh = 4 730 400 l - Coût évité : 4 730 400 litres * 618 f/litre de gasoil **2 923 400 000 F CFA**	- Quantité de gasoil évitée : 4 730 m^3 - FE du gasoil : 2,77 Tonne CO_2e/m^3 - Emissions de GES évitées : 4730 m^3 * 2,77 Tonne CO_2e/m^3 **13 102 tonnes CO2e** - Emissions GES directement générées : 47 492 tonnes CO2e - 13 102 tonnes CO2e **34 390 tonnes CO2e**

Retombées financières	**Durée de rentabilité**
Coût évité (sur 1 an) - Coût de production totale annuelle 2 923 400 000 F CFA - 128 774 000 FCFA **2 794 626 000 F CFA**	1 an

IV.3. Poste matériaux

Le poste matériaux est important en termes d'émissions, la marge de manœuvre sur l'action de réduction est faible. En effet, les objectifs de production de l'or partent des prévisions mensuelles et annuelles qu'il faudrait atteindre afin de réaliser des bénéfices conséquents. Cela suppose des quantités de matériaux et de réactifs aussi importantes que régulières sur le site. Ainsi, parler d'optimisation des intrants dans le but de réduire les émissions générées indirectement par la mine pourrait revenir à influer le processus de production aurifère, qui conduirait à des coûts supplémentaires. Sachant que le prix de l'or est fixé à l'échelle internationale, SEMAFO ne pourrait affecter les coûts additionnels à leurs clients. De ce fait, SEMAFO ne peut agir directement sur ce poste.

IV.4. Actions de compensation carbone

IV.4.1. Résultats des enquêtes

Avec 73% (Somona) et 91% (Dangouna) des chefs de ménages exerçant la profession de cultivateur, nous avons respectivement 98% et 96% des ménages qui utilisent exclusivement le bois comme combustible pour leurs besoins quotidiens.

- **Quantité de bois consommée**

La figure 14 nous présente la quantité de bois consommée par les ménages enquêtés des localités de Somona et de Dangouna.

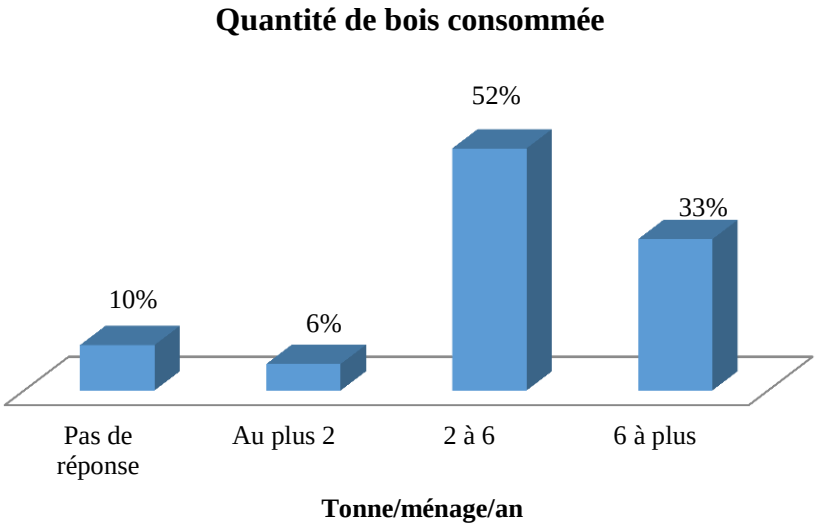


Figure 14 : Quantité de bois consommé

Si l'on considère la taille moyenne des ménages à l'issu de nos enquêtes estimée à 7 personnes, nous constatons que 52% des ménages consomme en moyenne 3 tonnes/ménage/an. De plus, une quantité supérieure à 6 tonnes/ménage/an est consommée par 33% des enquêtés.

Selon la Direction Générale de l'Energie (DGE, 2000), la consommation de bois par ménage et par jour pour les besoins domestiques en milieu rural est estimée à environ 2 tonnes. Se référant à la figure ci-dessus, les quantités de bois consommées sont largement supérieures aux estimations de la DGE. En effet, ces proportions démontrent l'utilisation effrénée du bois de chauffe en milieu rural en général et dans les localités enquêtées en particulier.

➢ Approvisionnement en bois

L'installation de la mine de Mana a entrainé un changement dans le mode d'approvisionnement en bois de chauffe (figure 15). Il ressort que 30% des ménages se voient dans l'obligation d'acheter du bois dans le but de combler le besoin en combustible. Ce type d'approvisionnement se mesure en charrette et est estimé entre 2500f à 3000f l'unité contre 1000f à 1500f avant l'installation de la mine. Certes, la présence de la mine a conduit à une augmentation des prix du bois, cependant cela démontre la difficulté à s'approvisionner en bois de chauffe. Par ailleurs, SEMAFO dans sa préservation de la ressource forestière dans son périmètre d'activité, permet aux populations de ces localités de se ravitailler en bois sec (exceptionnellement les jeudis et dimanches). Moins d'un tiers des ménages de Somona fait recours à cette alternative. Cependant du côté de Dangouna, seulement 5% des enquêtés affirme adopter ce moyen. En effet, cette localité est située à environ cinq (05) km de l'accès au site, cela démotive les riverains à s'y rendre et conduit une grande partie des ménages à se contenter de la biomasse se trouvant dans les champs. Les ménages concernés, par moment se voient contraintes d'opter pour cette pratique tout en sachant qu'elle est strictement interdite.

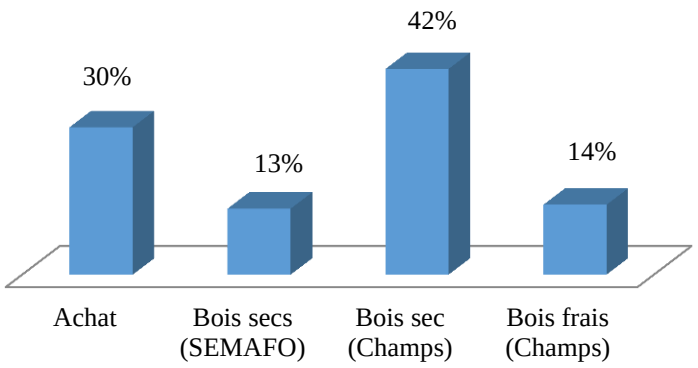


Figure 15 : Approvisionnement en bois

➢ Types de foyer utilisé

Sur l'ensemble des ménages enquêtés (Dangouna et Somona), nous remarquons que 94% des ménages utilisent les foyers traditionnels à trois (03) pierres et en banco (figure 16). C'est donc uniquement les 6% restante qui utilisent les foyers amélioré en banco.

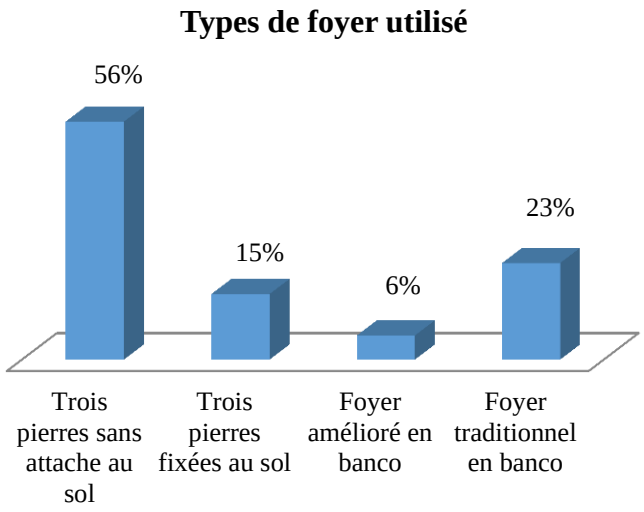


Figure 16 : Types de foyer utilisé

La figure 17 nous montre que plusieurs utilisateurs de ces foyers traditionnels ont une fois entendu ou vu les foyers améliorés et ont une idée des avantages qu'ils pourraient apporter notamment la réduction de la consommation du bois, de la fumé et du temps de cuisson. Cependant, l'utilisation effrénée des foyers traditionnels s'explique par un manque de sensibilisation et de formations à la conception des foyers améliorés au profit des ménages et dans le même registre par faute de moyens financiers des ménages.

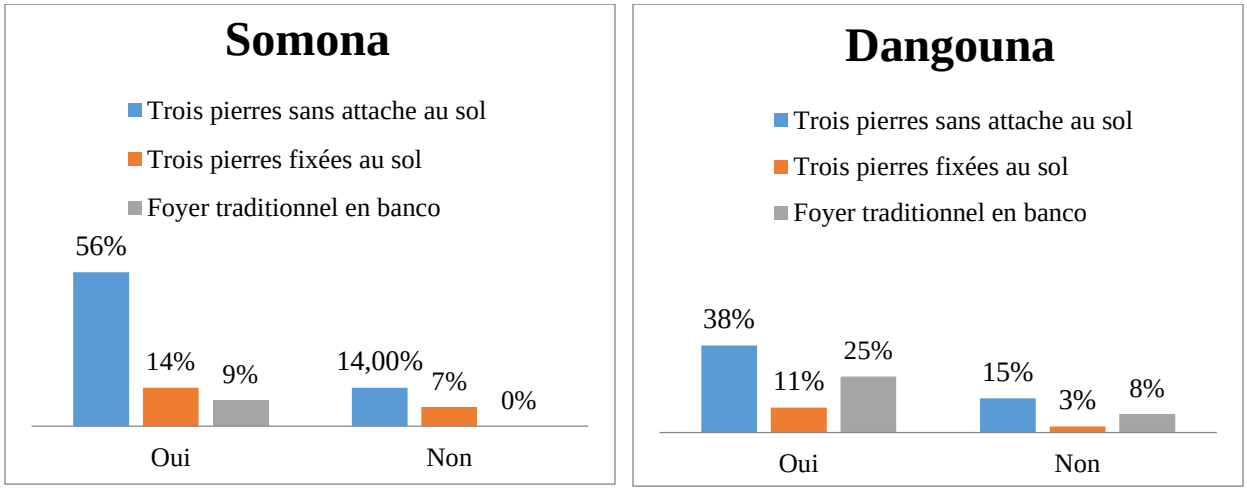


Figure 17: Notion des ménages sur les foyers améliorés

IV.4.2. Solution de compensation

Se basant sur les résultats obtenus lors des enquêtes, les solutions préconisées pour pallier à la réduction de la pression des populations sur la biomasse ligneuse directement liée aux activités d'exploitation de la mine de Mana seront axées sur la sensibilisation suivie des formations des femmes sur les techniques d'économie d'énergie domestique. De manière plus claire, cette action prévoit de former trente (30) femmes de chaque village aux techniques de fabrication des foyers améliorés en banco qui, à leur tour formeront les autres femmes du village. Elles seront supervisées à cet effet par deux (02) formateurs et un coordinateur du projet. Globalement, la formation se déroulera en cinq (05) jours avec un planning définie et un détail sur le budget estimé à 829 000 f CFA dans l'Annexe 10. En agissant dans ce sens et en émettant l'hypothèse que tous les ménages n'ayant pas encore les foyers améliorés en banco puissent adhérer au projet, SEMAFO pourrait compenser de manière indirecte ses émissions de GES selon le calcul suivant :

$$\textbf{Emissions de GES évitées} = \textbf{Nm} * \textbf{Qté de CO2 évitée/foyer/an}$$

Avec Nm : nombre de ménage déplacés des deux (02) localités n'ayant pas de foyer amélioré soit 43 pour Somona et 73 pour Dangouna

$$\text{Emissions de GES évitées} = (43 + 73) * 2{,}79 \text{ tonnes CO2e/foyer/an}$$

$$\textbf{Emissions de GES évitées} = \textbf{324 tonnes CO2e/an}$$

Au-delà de cette action, nous préconisons à la mine d'intensifier ses campagnes de reboisement afin d'augmenter son potentiel de séquestration du CO_2.

IV.5. Synthèse des actions de réduction des émissions de GES

Nous avons identifié 5 actions distinctes sur les postes à fortes émissions, qui sont estimées à 30 068 tonnes CO2e sur une période de 2 ans, soit une réduction de 16% sur l'ensemble des émissions de GES évalués à 184 883 tonnes CO2e.

Tableau 9 : Synthèse des actions de réduction des émissions de GES pour une période de 2 ans

N°	Titre	Poste	Emissions de GES du poste concerné (tonne CO2e)	Objectifs de réduction (%)	Emissions de GES réduite (tonne CO2e)	Coût de mise en place (F CFA)	Retombée financière (F CFA)	Durée de mise en œuvre de l'action
1	**Pratique de l'éco-conduite**	Transport / Déplacement des engins lourds	62 389	5	3 018	14 000 000	681 929 800	Moyen et long terme
2	**Adopter le déplacement doux**	Transport/Déplacement du personnel	1 830	4	66	9 450 000	4 806 000	Moyen et long terme
3	**Promouvoir le transport en commun**	Transport/Déplacement du personnel	66	100	132	-	-	Court terme
4	**Mise en fonction de la station de connexion de la mine au réseau électrique de la SONABEL**	Sources fixes / Consommation en gasoil	47 492	55	26 204	128 774 000	2 794 626 000	Moyen et long terme
5	**Diffusions des foyers améliorés**	Ensemble des émissions généré/Action de compensation carbone	-	-	648	829 000	-	Moyen et long terme
Total			-	**16%**	**30 068**	**153 053 000**	**3 481 361 800**	-

CONCLUSION

Cette étude dont l'objectif général est d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre liées à l'activité minière de SEMAFO-Mana à l'aide de la Carte d'Identité Carbone a pris en compte les postes et sources d'émissions de GES générées directement et indirectement y compris les émissions évitées et le potentiel de séquestration du CO2 par les arbres. Ainsi, au cours de l'année 2016, qui a constitué l'année de reporting, SEMAFO a émis 184 883 tonnes CO_2e avec - 3000 tonnes CO_2e en guise de compensation carbone dues aux recyclages des déchets et aux arbres présents sur le site. Les estimations réalisées par la structure jusque-là prennent en compte uniquement la consommation en hydrocarbure sur son site et la réalisation de la CIC a montré que ces estimations ne représentaient que 60% des émissions réelles du site. Cela montre l'intérêt de l'utilisation d'un outil comme la Carte d'Identité Carbone pour l'évaluation des émissions de GES d'une organisation donnée, du fait qu'elle permet d'aller au-delà de la consommation des énergies fossiles imputables directement à celle-ci et d'être dans la même démarche que les outils développés dans le contexte des pays industrialisés (Bilan Carbone®, Greenhouse Gas Protocol).

Se basant sur cet outil de comptabilisation développé par l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), il a été utilisé certains facteurs d'émissions propres au contexte local notamment celui du gasoil utilisé au Burkina Faso. Aussi, d'autres facteurs d'émissions ont été déterminés par calcul en utilisant certaines données et hypothèses telles que ceux du transport aérien, le train et les eaux minérales et d'autres à partir de la base carbone de l'ADEME. Cela a permis de sectoriser la CIC pour ce qui est du domaine minier. Une difficulté majeure a résidé dans le fait qu'il demande la collaboration de plusieurs personnes et de tous les niveaux de responsabilité. Ainsi, résulte-t-il de manière croissante (03) trois postes à fortes émissions à savoir le poste transport (51%) qui concerne le déplacement des employés nationaux et expatriés sur le site, également lors de leur période de repos et le déplacement des véhicules lourds et légers pour l'activité minière ensuite le poste sources fixes (26%) avec la consommation du gasoil, du butane et des gaz réfrigérants et en dernier le poste matériaux (19%) regroupant notamment les réactifs et les métaux.

En plus de l'inventaire carbone, l'autre intérêt de cette étude a été de construire une stratégie environnementale, en définissant des pistes d'actions de réduction des émissions de GES spécifiques aux différentes postes notamment la pratique de l'éco-conduite, l'adoption du déplacement doux, l'utilisation du transport en commun, la mise en fonction de la connexion au réseau de la SONABEL et la diffusion des foyers améliorés au profit des populations des villages riverains de la mine. Ces actions conduiraient à réduire les émissions globales de 16% soit

30 068 tonnes CO_2e sur une période de deux (02) ans. Le niveau de ces émissions peut désormais devenir un indicateur de la politique environnementale de SEMAFO, cela nécessite la réalisation d'une nouvelle Carte d'Identité Carbone deux (02) ans après la mise en place des actions de réduction afin de suivre les avancées de la performance environnementale de la mine de Mana.

Nous recommandons, pour les objectifs de réduction des émissions de GES, la mise en œuvre des actions proposées. Comme l'évaluation des émissions se base sur les données d'activités, il serait intéressant de faire des mesures directes afin d'avoir une idée ponctuelle des émissions de gaz à effet de serre notamment à la sortie des échappements des véhicules légers, lourds et des cheminés des différentes installations fixes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADEME. (2010). Bilan Carbone (Entreprises – Collectivités) : Guide des facteurs d'émissions Version 6.1. Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées.

ADEME. (2012a). Bilan Carbone (Entreprises – Collectivités -Territoires) : Guide méthodologique Version 6.1. Objectifs et principes de comptabilisation.

ADEME. (2012b). Réalisation de bilans des émissions de gaz à effet de serre : Utilisation des modules d'informations environnementales. Bio-intelligence Service. Retrieved from www.ademe.fr

Antoine Rose. (2014). *La comptabilité des émissions de gaz a effet de serre par enjeu : un outil d'analyse des impacts du changement climatique sur les activités d'une banque de financement et d'investissement* (Thèse de doctorat). Université PARIS-DAUPHINE (PARIS 9), France.

Baldasano & Soriano (2000). *Emission of greenhouse gases from anaerobic digestion processes : comparison with other municipal solid waste treatment* (Water Science and Technology) (pp. 275–282).

Bals, Harmeling & Windfuhr. (2009). *Changement climatique et crise alimentaire* (Brot für die Welt) (p. 28). Allemagne: Diakonie Katastrophenhilfe et Germanwatch Stuttgart.

Bertrand F., & Rocher L. (2007). *Le changement climatique, révélateur des vulnérabilités territoriales : Action publique locale et perceptions des inégalités écologiques* (p. 143). France: Université de Tours.

Bontems & Rotillon (2003). *L'économie de l'environnement* (La Découverte). Paris.

Ministère de l'Environnement, de l'Economie Verte et du Changement Climatique et des Changement Climatiques. (2010). Deuxième communication nationale du Burkina Faso sur changements climatique.

Cindie Andrieu. (2009). *Analyse statistique d'une expérience d'étude de l'éco-conduite : vers la conception d'un « éco index »* (p. 109). Paris: Paris Universitas.

CPDN Burkina Faso. (2015, September). Contribution Prévue Déterminée au Niveau National.

CRA. (2011). Le sahel face aux changements climatiques, enjeux pour le développement. *Centre Régional Agrhymet*, (Bulletin Mensuel N° spécial), 43.

Crifo, Debonneuil & Grandjean (2009). *Rapport pour le Conseil Economique pour le Développement Durable* (Croissance verte). Paris: Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.

DGE. (2000). *Base de données énergétiques du Burkina Faso* (p. 45). Burkina Faso: Direction Générale de l'Énergie.

Dixon. (1995). Agroforestry Systems: Sources or Sinks of Greenhouse gases., (31), 99–116.

Dubois. (2005). Selective oxidation of hydrocarbons and the global warming problem. *The Selectivity Issue: Driving Force for Innovation in Catalytic Oxidation*, *99*(1–2), 5–14. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2004.09.019

Fanny & Milena (2012). *Mise en œuvre opérationnelle d'un projet de compensation carbone de foyers améliorés au Niger* (Regards / Terrain). Niger: EcoAct. Retrieved from http://journals.openedition.org/vertigo/13176

FAO. (1997). Agriculture et changement climatique: le rôle de la FAO. Retrieved from http.//www.fao.org/NOUVELLE/1997/971201-f.htm

FAO. (2008). *Conférence de haut niveau sur la sécurité alimentaire mondiale. les défis du changement climatique et des bioénergies* (No. HLC/08/INF/5). Rome, Italie: FAO.

Frédéric Bordage. (2010). 24 fois plus de CO2 lors de la fabrication d'un ordinateur que lors de son utilisation. Retrieved April 4, 2018, from https://www.greenit.fr/2010/02/26/24-fois-plus-de-co2-lors-de-la-fabrication-d-un-ordinateur-que-lors-de-son-utilisation/

Ganaba & Guinko. (1995). Morphologie et rôle des structures racinaires dans la mortalité de Pterocarpus lucens Lpr. dans la région sahélienne de la mare d'Oursi. *II*, 15–24.

GIEC. (2014a). Changements climatiques : Incidences, adaptation et vulnérabilité : Contribution du groupe de travail ii au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

GIEC. (2014b). *Changements climatiques : Rapport de synthèse* (Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat[Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]) (p. 161). Genève, Suisse: GIEC.

GIZ et IOB. (2013). *Évaluation d'impact des foyers améliorés au Burkina Faso* (No. 388) (p. 104). Ouagadougou: GIZ.

Henry et al. (2011). Estimating Tree Biomass of Sub-Saharan African Forests: a Review of Available Allometric Equations. *Silva Fennica*, *45*(3B), 477–569.

Hong Tu LUU. (2011). *Développement de méthodes de réduction de la consommation en carburant d'un véhicule dans un contexte de sécurité et de confort : un compromis entre économie et écologie*. Université d'Evry-Val-d'Essonne, France.

Institute For Climate Economics. (2016). Chiffres clés du climat France et Monde. Institut for Climate Economic. Retrieved from www.i4ce.org

ISOfocus. (2017). Transports : Tendances et enjeux. *ISOfocus*, (124), 27.

ITIE. (2015). *Etude sur la transparence des émissions des gaz a effet de serre produits par les industries minières au Burkina Faso* (p. 55). Burkina Faso: Initiative pour la Transparence des Industries Extractives.

Jiménez & Lal. (2006). Mechanism of Carbon Sequestration in Soils of Latin America. Critical Reviews in Plant Sciences, (25), 337–365.

Kiendrebeogo. (2016). Évaluations de la performance épuratoire de la station d'épuration de la base vie de la mine de SEMAFO Mana et de l'accumulation des boues dans les bassins Mana après 4 ans de fonctionnement.

Louis Sawadogo et al. (2010). Allometric prediction of above-ground biomass of eleven woody tree species in the Sudanian savanna-woodland of West Africa. *Journal of Forestry Research*, *21*(4), 475−481.

Meadows, Meadows, & Randers. (1972). *The Limits to Growth* (Universe Books). New York.

Oumar SANOGO. (2008). *Tests de performances des foyers "Roumdé"* (Rapport provisoire) (p. 21).

PNUD. (2010). *Septième forum pour le développement de l'Afrique : Agir face aux changements climatiques pour promouvoir un développement durable en Afrique* (No. Document de travail n°2) (p. 12). Addis-Abeba, Ethiopie: PNUD.

Porter & Van der Linde. (1995). Green and competitive: ending the stalemate, *Harvard business review*(73(5)), 120–134.

Ressources naturelles Canada. (2014). Les faits : Consommation de carburant et CO 2. Retrieved from rncan.gc.ca

Sarr & Traoré. (2009). *Evaluation des changements climatiques en l'agriculture : Etude de cas en Afrique de l'Ouest* (p. 46). AGRHYMET/CILSS.

SEMAFO. (2013). Politique en matière d'environnement.

Stern. (2006). Review on the economics of climate change. In *London HM Treasury*.

Swarup. (2009). *Changement Climatique et Pauvreté* (p. 54). Haïti: Oxfam International.

Takimoto, Nair & Nair. (2008). Carbon stock and sequestration potential of traditional and improved agroforestry systems in the West African Sahel. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *125*, 159–166.

Woomer, Tieszen, Tappan & Sall. (2004). Land use change and carbon stocks in Senegal. *Journal of Arid Environments*, *59*, 625–642.

ANNEXES

Annexe 1 : Liste des postes d'émissions d'un bilan GES de la base carbone de l'ADEME XII
Annexe 2 : Modèle de fiche de collecte XIV
Annexe 3 : Profiles des postes d'émissions de GES dans le domaine des mines au Burkina Faso XIV
Annexe 4 : Données d'activités XV
Annexe 5 : Sources et processus de détermination des FE dans la CIC de SEMAFO XIV
Annexe 6 : Inventaire floristique du site minier de Mana..... XIV
Annexe 7 : Matériel utilisé pour les mesures dendrométriques XV
Annexe 8 : Mesures dendrométriques et stock de carbone XVI
Annexe 9 : Outils de collecte des données pour l'action de compensation..... XXI
Annexe 10 : Planning de la formation sur les foyers améliorés et budget.....XXV
Annexe 11 : Illustration sur les ressources forestières XXXII
Annexe 12 : Types de foyer utilisés à Somona et Dangouna.....XXXIII

Annexe 1 : Liste des postes d'émissions d'un bilan GES de la base carbone de l'ADEME

SCOPE	CATEGRORIE D'EMISSIONS	NUMERO	POSTES D'EMISSION	Exemple de source d'émission
1	EMISSIONS DIRECTES DES GES	1	Emissions directes des sources fixes de combustion	Combustion d'énergie de sources fixes
		2	Emissions directes des sources mobiles à moteur thermique	Combustion de carburant des sources mobiles
		3	Emissions directes des procédés hors énergie (non usage de l'énergie)	Procédés industriels non liés à une combustion pouvant provenir des réactions chimiques (Laboratoire)
		4	Emissions directes fugitives (non usage de l'énergie)	Fuites de fluides frigorigènes (Bouteille de gaz frigorigènes, climatisation)
		5	Emissions directes issues de la biomasse - sols et forêts	Biomasse liée aux activités sur le sol, les zones humides ou l'exploitation des forêts
2	EMISSIONS DES GES INDIRECTES ASSOCIESES A L'ENERGIE	6	Émissions indirectes liées à la consommation d'électricité	Production de l'électricité
		7	Émissions indirectes liées à la consommation de vapeur, chaleur ou froid	Production de vapeur, chaleur et froid
3	AUTRES EMISSIONS INDIRECTES DES GES	8	Émissions liées à l'énergie non incluse dans les catégories « émissions directes de GES » et « émissions de GES à énergie indirectes »	Extraction, production, et transport des combustibles consommés par l'organisation
				Extraction, production, et transport des combustibles consommés lors de la production d'électricité, de vapeur, de chaleur et de froid consommés par l'organisation
		9	Achats de produits ou services	Extraction et production des intrants matériels et immatériels de l'organisation qui ne sont pas inclus dans les autres postes.
				Sous-traitance

		10	Immobilisations de biens	Extraction et production des biens corporels et incorporels immobilisés par l'organisation
		11	Déchets	Transport et traitement des déchets de l'organisation
		12	Transport de marchandises amont	Transport de marchandise dont le coût est supporté par l'organisation
		13	Déplacements professionnels	Transports des employés par des moyens n'appartenant pas à l'organisation
		14	Franchise amont	Activité du franchiseur
		15	Actifs en leasing amont	Actifs en leasing tel que les consommations d'énergie et la fabrication des équipements en tant que tel
		16	Investissements	Sources liées aux projets ou activités liées aux investissements financiers
		17	Transport des visiteurs et des clients	Consommation d'énergie liés au transport des visiteurs de l'organisation qu'ils soient clients, fournisseurs ou autre
		18	Transport des marchandises aval	Transport et distribution dont le coût n'est pas supporté par l'organisation
		19	Utilisation des produits vendus	Consommation d'énergie
		20	Fin de vie des produits vendus	Traitement de la fin de vie des produits
		21	Franchise aval	Consommation d'énergie des franchisés
		22	Leasing aval	Consommation d'énergie des actifs en bail
		23	Déplacements domicile travail	Déplacement domicile travail et télétravail
		24	Autres émissions indirects	Émissions indirectes non couvertes par les postes précédemment cités dans les catégories 7 à 23

Annexe 2 : Modèle de fiche de collecte

	EVALUATION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE LIEES A L'EXPLOITATION MINIERE : CAS DE SEMAFO	
	Fiche de collecte de données	
	Réalisé par ALLO Pierre Fourier Stagiaire Service Environnement	

CONTEXTE

Le phénomène de changement climatique à l'échelle mondiale, impose la prise de mesures au niveau régionale ou locale pour réduire l'impact environnemental des activités humaines. Dans cette dynamique, la compagnie minière SEMAFO, soucieuse de la maitrise des impacts environnementaux liés à ses activités et du respect des actions établies dans son Plan de Gestion Environnementale et Sociale, projette d'évaluer ses émissions de GES avec l'appui de 2iE. En effet, depuis 2010 2iE a élaboré, la Carte d'Identité Carbone (CIC®), un outil pour permettre aux entreprises ayant des activités en Afrique de mesurer leur empreinte carbone. Des outils similaires existent dans certains pays du Nord mais ne sont pas adaptés au contexte africain.

Il existe plusieurs postes et sources d'émission de GES à prendre en compte. Ainsi, pour arriver à la comptabilisation de ses émissions par postes, une étape incontournable de la méthodologie est à considérer : la collecte des données.

La réussite de cette étude dépendant fortement des données qui seront recueillies, nous espérons vivement compter sur votre participation.

IDENTIFICATION	
Nom et prénom	
Fonction	
Service	SERVICE COMPTABILITE
Année de référence	2017
Année de reporting	Données de l'année 2016

OBJECTIFS

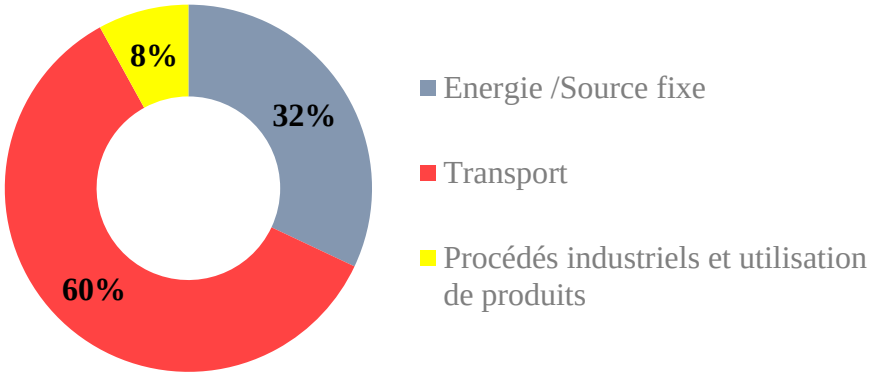
Les objectifs de cette collecte de données consistent à connaitre :

- Les types de produits pétroliers transportés sur la mine ;
- Les lieux de provenance des produits pétroliers ;
- La charge (Tonne) des camions de transport de ces produits;
- Le nombre de livraison par année ;

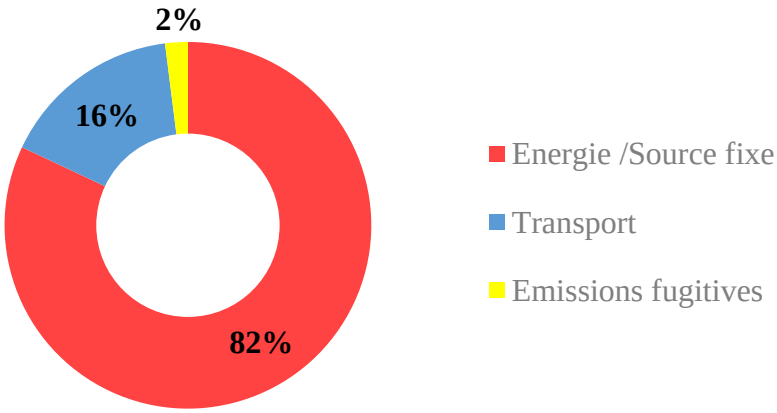
TABLEAU SYNOPTIQUE POUR LA COLLECTE DES DONNEES

Type de produits pétroliers	Lieu de provenance	Charge des camions (Litre)	Nombre de livraison par an

Annexe 3 : Profiles des postes d'émissions de GES dans le domaine des mines au Burkina Faso



Emissions des gaz à effet de serre produites par les industries minières au Burkina Faso (ITIE, 2014)



Emissions de gaz à effet de serre de la mine d'or de Taparko au Burkina Faso (KASSA Hassane Massadé, 2012)

Annexe 4 : Données d'activités

Sources fixes

Sources d'émissions	Sources d'informations	Quantité
Gasoil	Comptabilité (Consommée du gasoil par la centrale)	**m3**
		17 145
Butane	Laboratoire, Service environnement, Chatering Service International (Quantité de butane consommé dans les trois services)	**Tonne**
		16,4

Gaz fugitif	Sources d'informations	Taux de fuite (%)	Nombre d'équipements de froid	Capacité de gaz réfrigérants des équipements (Kg)	Quantité de gaz réfrigérants (Kg)
HCFC-22	Département de la Surface	2%	451	0,5	4,51
HCF-134a		5%	110	0,52	2,86
HCF-404a		15%	15	100	225
HCF-407c		2%	12	0,5	0,12
HCF-410a		2%	9	0,5	0,09

Transport

Source d'émissions	Sources d'informations	Distance parcourue (km)
Bus	Transcordec (Différents navettes Mana-Ouaga/Bobo/Boromo et celles effectué sur le site pour le déplacement du personnel à l'usine)	527 065
Mini bus	Service de transport de SEMAFO (Différents navettes effectué entre part le service Transport)	29 120

Motos	Sources d'informations	Nbre de moto	Nbre aller-retour	Temps de fonctionnement	Distance parcourue par jour	Distance annuelle
	Observation terrain	35	4	365	5	255 500

Sources d'émissions	Sources d'informations	Quantité consommée (m3)
Véhicule léger	Comptabilité (Consommation annuelle en gasoil)	661
Véhicule léger		22 523

Sources d'émissions	Distance par rapport à Ouaga (aller-retour)	Nombre de voyage (aller-retour)	Nombre de voyageur	Données d'activité (Passager.kilomètre)
Afrique de l'ouest				
Côte d'ivoire	1 662	6	1	9 972
Guinée Conakry	2 728	6	1	16 368
Total				26 340
Hors Afrique de l'ouest				
RDC	5 288	6	1	31 728
Maroc	4 494	30	5	674 100
Total				705 828
Amérique du nord				
Montréal	15 278	294	49	220 094 868
New York	15 292	6	1	91 752
Total				220 186 620

Matériaux

Sources d'émissions	Sources d'informations	Quantité (Tonne)
Réactifs		
Chaux	Chaine d'approvisionnement (Quantité annuelle utilisée)	2 606
Cyanure de sodium		1 199
Acide chlorhydrique		397
Charbon actif		68
Soude caustique		202
Dispositif explosif	AEL Site explosif (Quantité du nitrate d'ammonium, bulk émulsion, magnum buster)	5 607
Matériaux de type fer	Chaine d'approvisionnement (Recherche sur internet pour les différences masses)	6
Matériaux de type acier		5 226
Pneumatique		440
Peintures		4

Frets

Fret terrestre

Matériaux	Itinéraire	Charge conteneur	Nombre de livraison	Distance parcourue (km)	Données d'activités (Tonne.km)
Boulets	Bobo-Mana	24	200	163	782 400
Pneus		20	16	163	52 160
Cyanure	Tema-Mana	20	53	1 219	1 292 140
Chaux	Takoradi-Mana	28	95	1 009	2 683 940

Hydrocarbures	Capacité citerne (Tonne)	Nombre de livraison par an	Total des charges	Distance LP-Ouaga	Distance Ouaga-Mana	Données d'activités (Tonne.km)
Cotonou			**17 235**	1 059	300	**23 422 365**
ORYX	45	154	6 930			
PUMA ENERGIE	45	196	8 820			
SONACOP	45	33	1 485			
Lomé			**8 820**	947	300	**10 998 540**
STSL	45	196	8 820			
Tema			**13 365**	919	300	**16 291 935**
CHASE PETROLEUM	45	297	13 365			
Abidjan			**225**	1 108	300	**316 800**
GESTOCI	45	5	225			

Produits alimentaires	Charge du camion (tonne)	Nombre de livraison	Charge totale (tonne)	Distance LP-Mana (km)	Données d'activité (Tonne.km)
Bobo	10	24	240	163	39 120
Ouagadougou	10	27	270	300	81 000

Fret maritime

Fret ferroviaire (Matériaux)	itinéraire	Charge conteneur (tonne)	Nombre de livraison	Distance parcourue (km)	Données d'activités (Tonne.km)
Boulets	Abidjan-Bobo	24	200	800	3 840 000
Pneus		20	16	800	256 000

Fret maritime

Fret maritime (Matériaux)	Itinéraire	Charge conteneur (tonne)	Nombre de livraison	Distance parcourue (km)	Données d'activités (Tonne.km)
Boulets	Espagne-Abidjan	24	200	5 950	28 560 000
Cyanure	Corée du sud-Tema	20	53	19 770	20 956 200
Pneus	France-Abidjan	20	16	6 878	2 200 960

Immobilisations

Sources d'émissions	Sources d'informations	Nombre d'équipements
Equipements informatiques	**Centre de Support Informatiques, Santé Sécurité (Nombre de chaque équipement fonctionnel sur l'ensemble du site)**	
Ordinateur bureau		200
Ordinateur portable		250
Téléphone portable		2000
Photocopieur		10
Vidéo projecteur		10
Imprimante		100
Antenne satellite		4
Routeur		100
Onduleur		200
Equipements électriques		
Climatiseur		472
Réfrigérateur		164
Ventilateur		165
Equipements de sécurité		
Extincteur		652

Restauration

Sources d'émissions	Sources d'informations	Quantité (Tonnes)
Riz	Chatering International Service (Quantité des aliments consommés annuellement)	45
Bœuf		13
Poulet		15
Poisson		12
Porc		2
Agneau		10
Légumes		72
Fruits		9

Sources d'émissions	Sources d''informations	Nombre	Poids moyen (kg)	Quantité (Tonnes)
Boissons (Sucrerie, Bière, Vin)	Chartering Service Internationnal (CSI)	300 000	0,5	150 000
Eaux minérales		111 000	2	166 500

Déchets

Sources d'émissions	Sources d'informations	Quantité (Tonnes)
Déchets solides (Enfouis)	Service Environnement (Quantité annuelle de déchets solides produits destinés à la l'enfouissement)	
Putrescibles		45
Papiers		13
Cartons		91

Sources d'émissions	Sources d'informations	DCO (mg/l)	DCO (kg/m3)	Débit (m3/an)	Quantité DCO*Q
Déchets liquides (STEP)	Service Environnement (Quantité moyenne annuelle de DCO et débit moyen annuel des eaux usées traitées)	131	0,131	12 260	1 606

Facteurs négatifs

Recyclage	Sources d'émissions	Quantité (tonnes)
Boulets usées	Service Environnement (Quantité annuelle des matières recyclées)	493
Fûts vides métalliques		55
Ferraille en vrac		475

Annexe 5 : Sources et processus de détermination des FE dans la CIC de SEMAFO

Sources d'émissions	Justification	Description de mise en place des facteurs d'émissions	Unité
Butane	Pas inclus dans la CIC	Tiré du FE uniquement lié à la combustion du butane dans le centre de ressources sur le bilan des émissions de GES de la base carbone en ligne de l'ADEME	Tonnes CO_2e/kg de butane
Gaz réfrigérants	Inclus dans la CIC (quelque gaz) mais pas mise à jour	Basé directement sur le Pouvoir de réchauffement global à 100 ans du 5ème rapport du GIEC de chaque gaz réfrigérant	Tonnes CO_2e/kg de réfrigérant
Engins lourds et légers	Pas inclus dans la CIC	A défaut de la distance parcourue des engins (élément sur lequel sont basé généralement les FE des engins), le FE lié à cette source s'est reposé sur sa consommation en carburant pour son fonctionnement c'est-à-dire le FE du gasoil	Tonnes CO_2e/m^3 de gasoil
Transport aérien (Avion)	Inclus dans la CIC avec l'expression de la donnée d'activités ne correspondant pas avec le FE établi	Les FE ont été définis en fonction de trois grandes destinations à savoir l'Afrique de l'ouest hors Afrique de l'ouest et l'Amérique du nord. Ce choix s'est basé sur les différents voyages du personnel expatrié de la mine. La mise en place des FE requiert le model d'avions emprunté par le personnel expatrié par rapport aux différentes destinations afin de déterminer la capacité en nombre de place de ces avions utilisé par ceux-ci et les différences distances parcourues	Tonnes CO_2e/Passagers.km
Réactifs	Pas inclus dans la CIC	➢ **Chaux :** Son FE provient principalement de la décarbonisation lors de sa production. Dans notre cas, elle est la résultante de la moyenne des FE de la chaux hydraté et vive ➢ **Cyanure de sodium :** Le FE de ce réactif est une valeur adaptée à celle du cyanure d'hydrogène utilisé également dans le traitement de l'or ➢ **Charbon actif :** Le FE de ce réactif est une valeur approchée à celle du charbon actif en grain neuf d'origine minérale utilisé dans le traitement des eaux par Veolia ➢ **Soude caustique et acide chlorhydrique :** Comme le butane, le FE est issu du centre de ressources sur le bilan des émissions de GES de la base carbone en ligne de l'ADEME	Tonnes CO_2e/Tonnes de réactif

Explosifs et Pneumatique	Pas inclus dans la CIC	L'exploitation des mines et des carrières ont des similarités notamment dans la fragmentation et les engins de transport des minerais. Ainsi les FE des deux (02) sont des valeurs adaptées à celle des explosifs et pneumatique utilisés dans l'exploitation des carrières de granulat.	Tonnes CO_2e/Tonnes d'explosifs ou de pneus
Déchets liquides (eaux usées)	Pas inclus dans la CIC	Le FE est basé sur le devenir des eaux usées (rejet dans le milieu naturel), la concentration de la matière organique et le temps de séjour en condition anaérobie des eaux usées traités et sous-produits. Pour établir le FE, il nous a fallu connaitre la quantité de CH_4 générée pour 1 kg de DCO rejeté et le PRG à 100 ans du CH_4 (pour la conversion de la quantité de CH_4 en quantité de CO_2)	Tonnes COe/Kg DCO rejeté
Transport ferroviaire Train	Pas inclus dans la CIC	Deux (02) hypothèses ont été faites : - Le taux de remplissage des conteneurs/camions est de 100% - Les trains sont chargés de marchandises moyennement denses Avec ces hypothèses, nous avons considéré : - La quantité gasoil en (kg) que génère une (1) tonnes.km - Le FE du gasoil en kg CO2/l de gasoil - La masse volumique du gasoil donnant 0,85 kg de gasoil/l	Tonnes CO_2e/Tonnes.km
Eaux minérale (Jirma)	Pas inclus dans la CIC	Le FE découle de la : - Moyenne des bouteilles produites sur les cinq (05) dernières années - Moyenne en Kilowattheures consommées pour la production de ces bouteilles - Source d'approvisionnent en énergie (Source thermique de la SONABEL,…) La mise en place du FE s'élabore comme suit : - Connaitre le Kilowattheure consommées par unité de bouteille (kWh/bouteille) - Ramener le kWh/bouteille par le FE d'un kWh produit par la SONABEL	Tonnes CO2e/Tonnes de bouteille
Recyclage des matériaux (Métaux ferreux et acier)	Pas inclus dans la CIC	Ce FE (valeur négatif) est le résultat de la différence des émissions de process de la matière vierge et des émissions de process des matières recyclés. Ce FE conduit à des émissions évitées car elle rentre dans la valorisation des déchets en fin de vie. Il est issu de la documentation de la Base Carbone de l'ADEME	Tonnes CO2e/Tonnes de matières recyclées

Annexe 6 : Inventaire floristique du site minier de Mana

N	Nom de l'espèce	N	Nom de l'espèce
1	Acacia milotica	25	Ezoroa insignis
2	Acacia radiano	26	Faiderbia albida
3	Acacia seberiana	27	Federbia albidea
4	Acacia senegalensis	28	Feretia apodenthera
5	Acacia sieberiana	29	Ficus sycomorus
6	Accacia seyal	30	Fluggea virosa
7	Adansonia digita	31	Grewia bicolor
8	afzelia africana	32	Kaya senegalensis
9	Anacardium occidentale	33	Lannea acida
10	Annogeissus leiocarpus	34	Lannea microcarpa
11	Annona senegalensis	35	Leucena leucocephala
12	Azadirachta indaca	36	Mangifera indica
13	Balanite aegyptiaca	37	Maytenus senegalensis
14	Bligia sapida	38	Ozoroa insignis
15	Carica papaya	39	Parkia biblobosa
16	Cola grandifolia	40	Peltophorum pterocarpum
17	Colatuopis pocera	41	Piliostigma thonningui
18	Combretum flagram	42	Senna siamea
19	Combretum glutinosum	43	Silerocarya birrea
20	Daniella oliveri	44	Stereospermum khunthianum
21	Detarium microcarpus	45	Tamarindus indica
22	Dichrostachya cineria	46	Terminalia macroptera
23	Diospynos mespiliformis	47	Ziziphus mauritana
24	Entada africana		

Annexe 7 : Matériel utilisé pour les mesures dendrométriques

Clinomètre SUUNTO

Mètre ruban

Annexe 8 : Mesures dendrométriques et stock de carbone

Espèces	Placeaux	C1,30 (cm)	D1,30 (cm)	Biomasse (t C)
Acacia radiano	p1	60	19,1	0,7
Acacia seyal	p1	28	8,9	0,1
Acacia seyal	p1	80	25,5	1,7
Acacia seyal	p1	62	19,7	0,8
Acacia seyal	p1	32	10,2	0,1
Acacia seyal	p1	33	10,5	0,1
Acacia seyal	p1	30	9,5	0,1
Acacia seyal	p1	72	22,9	1,3
Acacia seyal	p1	110	35,0	4,5
Acacia seyal	p1	110	35,0	4,5
Acacia seyal	p1	59	18,8	0,7
Acacia sieberiana	p1	21	6,7	0,0
Acacia sieberiana	p1	27	8,6	0,1
Annogeissus leiocarpus	p1	35	11,1	0,2
Annogeissus leiocarpus	p1	36	11,5	0,2
Annogeissus leiocarpus	p1	119	37,9	5,7
Annogeissus leiocarpus	p2	67	21,3	1,0
Azadirachta indica	p2	110	35,0	4,5
Azadirachta indica	p2	44	14,0	0,3
Azadirachta indica	p2	29	9,2	0,1
Azadirachta indica	p2	38	12,1	0,2
Azadirachta indica	p2	28	8,9	0,1
Azadirachta indica	p2	72	22,9	1,3
Azadirachta indica	p2	63	20,1	0,9
Azadirachta indica	p2	23	7,3	0,0
Azadirachta indica	p2	34	10,8	0,1
Azadirachta indica	p2	48	15,3	0,4
Balanite sea	p2	30	9,5	0,1
Balanite sea	p2	43	13,7	0,3

Balanite sea	p2	45	14,3	0,3
Balanite sea	p2	32	10,2	0,1
Balanites aegyptiaca	p2	39	12,4	0,2
Balanites aegyptiaca	p2	24	7,6	0,1
Balanites aegyptiaca	p2	82	26,1	1,9
Balanites aegyptiaca	p2	54	17,2	0,5
Cola grandifolia	p2	63	20,1	0,9
Cola grandifolia	p2	18	5,7	0,0
Entada africana	p2	20	6,4	0,0
Entada africana	p2	30	9,5	0,1
Entada africana	p2	24	7,6	0,1
Ficus sycomorus	p3	128	40,7	7,1
khaya senegalensis	p3	163	51,9	14,7
Lannea microcarpa	p3	140	44,6	9,3
Lannea microcarpa	p3	141	44,9	9,5
Lannea microcarpa	p4	75	23,9	1,4
Lannea microcarpa	p4	70	22,3	1,2
Lannea microcarpa	p4	60	19,1	0,7
Lannea microcarpa	p4	180	57,3	19,8
Maytenus senegalensis	p4	90	28,6	2,5
Parkia biglobosa	p4	118	37,6	5,6
Parkia biglobosa	p4	108	34,4	4,3
Parkia biglobosa	p4	46	14,6	0,3
Parkia biglobosa	p4	30	9,5	0,1
Parkia biglobosa	p4	263	83,7	61,6
Parkia	p5	115	36,6	5,2

biglobosa				
Parkia biglobosa	p5	227	72,3	39,6
Parkia biglobosa	p5	214	68,1	33,2
Parkia biglobosa	p5	120	38,2	5,9
Parkia biglobosa	p5	85	27,1	2,1
Parkia biglobosa	p5	45	14,3	0,3
Peltophorum pterocarpum	p6	96	30,6	3,0
Peltophorum pterocarpum	p6	98	31,2	3,2
Peltophorum pterocarpum	p6	88	28,0	2,3
Peltophorum pterocarpum	p6	103	32,8	3,7
Peltophorum pterocarpum	p6	44	14,0	0,3
Peltophorum pterocarpum	p6	29	9,2	0,1
Peltophorum pterocarpum	p6	70	22,3	1,2
Pilostigma thonningui	p6	66	21,0	1,0
Pilostigma thonningui	p7	47	15,0	0,4
Sclerocarya birrea	p7	33	10,5	0,1
Sclerocarya birrea	p7	61	19,4	0,8
Sclerocarya birrea	p7	47	15,0	0,4
Sclerocarya birrea	p7	45	14,3	0,3
Sclerocarya birrea	p7	82	26,1	1,9
Terminalia macroptera	p7	116	36,9	5,3
Vitellaria paradoxa	p7	209	66,5	30,9
Vitellaria paradoxa	p7	117	37,2	5,4
Vitellaria paradoxa	p7	140	44,6	9,3
Vitellaria paradoxa	p8	100	31,8	3,4

Vitellaria paradoxa	p8	53	16,9	0,5
Vitellaria paradoxa	p8	55	17,5	0,6
Vitellaria paradoxa	p8	68	21,6	1,1
Vitellaria paradoxa	p8	78	24,8	1,6
Vitellaria paradoxa	p8	72	22,9	1,3
Vitellaria paradoxa	p8	160	50,9	13,9
Vitellaria paradoxa	p8	122	38,8	6,2
Vitellaria paradoxa	p8	78	24,8	1,6
Vitellaria paradoxa	p8	140	44,6	9,3
Vitellaria paradoxa	p8	55	17,5	0,6
Vitellaria paradoxa	p8	61	19,4	0,8
Vitellaria paradoxa	p8	52	16,6	0,5
Vitellaria paradoxa	p8	55	17,5	0,6
Vitellaria paradoxa	p8	70	22,3	1,2
Vitellaria paradoxa	p8	138	43,9	8,9
Vitellaria paradoxa	p9	165	52,5	15,2
Vitellaria paradoxa	p9	156	49,7	12,9
Vitellaria paradoxa	p9	61	19,4	0,8
Vitellaria paradoxa	p9	98	31,2	3,2
Vitellaria paradoxa	p9	183	58,3	20,8
Vitellaria paradoxa	p9	123	39,2	6,3
Vitellaria paradoxa	p9	104	33,1	3,8
Vitellaria paradoxa	p10	47	15,0	0,4
Vitellaria paradoxa	p10	82	26,1	1,9
Vitellaria	p10	130	41,4	7,5

paradoxa				
Vitellaria paradoxa	p10	80	25,5	1,7
Vitellaria paradoxa	p10	144	45,8	10,1
Vitellaria paradoxa	p10	188	59,8	22,5
Vitellaria paradoxa	p10	60	19,1	0,7
Vitellaria paradoxa	p10	67	21,3	1,0
Vitellaria paradoxa	p10	66	21,0	1,0
Vitellaria paradoxa	p10	58	18,5	0,7
Vitellaria paradoxa	p11	93	29,6	2,7
Vitellaria paradoxa	p11	135	43,0	8,4
Vitellaria paradoxa	p11	18	5,7	0,0
Vitellaria paradoxa	p11	69	22,0	1,1
Vitellaria paradoxa	p11	138	43,9	8,9
Vitellaria paradoxa	p11	77	24,5	1,6
Vitellaria paradoxa	p11	145	46,2	10,3
Vitellaria paradoxa	p11	100	31,8	3,4
Ziziphus mauritiana	p11	112	35,7	4,8
Biomasse ligneuse (Tonnes C)				**532**
Potentiel de séquestration du CO2 (Tonnes CO2)				**977**

Annexe 9 : Outils de collecte des données pour l'action de compensation

QUESTIONNAIRE ADRESSE AUX MENAGES DES LOCALITES ENVIRONNANTES DE LA MINE DE MANA

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre liées aux activités d'exploitation de la Société d'Exploitation Minière de l'Afrique de l'Ouest (SEMAFO). Vos réponses resteront anonymes. Merci pour votre collaboration.

1. Localité _____

Identification de l'enquêté

2. Sexe du Chef de ménage
○ 1. Masculin ○ 2. Féminin

3. Situation matrimoniale
○ 1. Marié ○ 2. célibataire ○ 3. divorcé ○ 4. veuf(ve)

Caractéristiques du ménage

4. Taille du ménage _____

5. Profession du chef de famille
○ 1. Agriculteur
○ 2. Eleveur
○ 3. Commerçant
○ 4. Fonctionnaire du privé / public
○ 5. Employé de la mine
○ 6. Fonctionnaire du public
○ 7. Autre

Si focntionnement du privé ou du public, préciez

6. Si autre, précisez : _____

7. Niveau d'instruction
○ 1. Primaire ○ 2. Secondaire ○ 3. Supérieur
○ 4. Aucun

Energie domestique

8. Quel type de combustible utilisez-vous ?
○ 1. Bois ○ 2. Charbon de bois ○ 3. GLP ○ 4. Autres

9. Si autres, précisez :

10. Achetez-vous ce type de combustible ?
○ 1. Oui ○ 2. Non

11. Si oui, à combien évaluez-vous le coût d'achat du combustible par mois ? _____

12. Si non, Comment faites-vous vos approvisionnements en combustible ?

13. Quelle est la quantité de combustible utilisez-vous par mois ? _____

14. Quelles sont les difficultés d'approvisionnement en combustibles rencontre-vous ?

15. Quel type de foyer utilisez-vous ?
☐ 1. Trois pierres sans attache au sol
☐ 2. Trois pierres fixées au sol
☐ 3. Foyer amélioré en banco
☐ 4. Foyer amélioré Roumdé
☐ 5. Autres

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

16. Si autres, précisez : _____

17. Quel est le nombre de repas préparés par jour ? _____

18. Quel est le temps moyen nécessaire (en minute) pour la cuisson des repas journaliers ?
○ 1. [1 a 30] ○ 2. [30 à 45] ○ 3. [45 et +[

19. Quelle sont les utilisations du foyer dans le ménage en dehors de la préparation du repas ?

20. Constatez-vous des soucis particuliers dans l'utilisation des foyers traditionnels ?

21. Quelles sont vos suggestions pour la disponibilité des combustibles et la préservation de l'environnement ?

Perception des foyers améliorés

22. Avez-vous déjà entendu parler des foyers améliorés

○ 1. Oui ○ 2. Non

23. Si oui, au travers de quels canaux de diffusion d'informations avez entendu parler des foyers améliorés ?

○ 1. Voisinage ○ 2. Forestiers ○ 3. ONG ○ 4. Autres

24. Si autres, précisez :

25. Quel sont les avantages que vous aviez retenus ?

☐ 1. Réduction de bois
☐ 2. Réduction de la fumée
☐ 3. Réudction du temps de cuisson
☐ 4. Autres

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

26. Si Autres, précisez :

27. Quels sont les motifs qui pourraient vous empêcher d'utiliser les foyers améliorés ?

☐ 1. Coût élevé ☐ 2. Manque de formation
☐ 3. Indifférence ☐ 4. Culturel
☐ 5. Autres

Vous pouvez cocher plusieurs cases (4 au maximum).

28. Si autres, précisez :

GUIDE D'ENTRETIEN AVEC LES FORESTIERS DES DEPARTEMENTS DE KONA ET DE BANA

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre liées aux activités d'exploitation de la Société d'Exploitation Minière de l'Afrique de l'Ouest (SEMAFO). Vos réponses resteront anonymes. Merci pour votre collaboration.

Informations générales

1. Département

2. Nom et prénom

3. Poste occupé

Exploitation du bois par les ménages

4. Constatez-vous des exploitations abusives du bois par les ménages ?

5. Que pourraient être les raisons qui justifieraient ces exploitations ?

6. Avez-vous déjà amendé les ménages pour ces mauvaises pratiques ?

7. Quelle a été l'amende ?

8. Faites-vous des sensibilisations sur la coupe de bois à l'endroit des ménages?

9. Quelles-en sont les fréquences ?

10. Après ces actions, constatez-vous des changements de comportement chez les ménages ?

11. Avez-vous eu des plaintes venant des ménages par rapport à la disponibilité du bois ?

12. Pensez-vous que la disponibilité des bois exploitables pour les usages domestiques peuvent réellement suffit à ces populations ?

13. Quelle sont les mesures prises pour pallier à ces difficultés ?

Diffusion des foyers améliorés

14. Avez-vous sensibilisé les populations sur les avantages des FA ?

15. Quelles sont les perceptions des populations rapport aux FA ?

16. Avez-vous des projets concernant les FA pour ces localités ?	17. Quelles sont les stratégies mises en place pour faire adhérer les populations aux FA ?

Annexe 10 : Planning de la formation sur les foyers améliorés et budget

Activité	**Calendrier du déroulement**						**Personne responsable**
	Jour 1	**Jour 2**	**Jour 3**	**Jour 4**	**Jour 5**	**Jour 6**	
Rencontre avec présidents CVD et chefs des différents Village	Une semaine avant le début du projet						Coordinateur du projet
Préparation du banco							Coordinateur du projet et Formateurs
Sensibilisation sur les avantages des foyers améliorés							Coordinateur du projet et Formateurs
Organisation des Séances de démonstration des techniques de construction des foyers améliorés							Formateurs
Construction de foyers améliorés par les apprenantes							Formateurs
Rappel sur les activités passées et construction individuelle							Formateurs
Restitution							Coordinateur du projet

Désignation	Unité	Quantité par village	Quantité totale	Coût unitaire (F CFA)	Coût total (F CFA)
Achat de Matériel					
Terre argileuse	Charrette	15	30	2 500	75 000
Bouse de vache	Charrette	6	12	2 000	24 000
Paille de fonio	Charrette	5	10	2 500	25 000
Cailloux sauvage	Charrette	5	10	3 000	30 000
Couteaux	u	15	30	1 500	45 000
Haches taille cailloux	u	15	30	2 000	60 000
Préparation du banco	Personne	2	4	10 000	40 000
Arrosage et surveillance du banco (en 4 jours)	Personne	3	6	10000	60 000
				Total 1	**359 000**
Pris en charge des formateurs et du coordinateur du projet					
Sensibilisation	Forfait			40 000	40 000
Supervision de la préparation du banco	Jour		5	3 000	15 000
Prise en charge des formateurs	Forfait			30 000	30 000
Prise en charge du coordinateur	Forfait			60 000	60 000
Frais de carburant et organisation (unité,…)	Forfait			25 000	25 000
Frais de participation des bénéficiaires	Personne	30	60	5 000	300 000
				Total 2	**470 000**
				Total (1) et (2)	**829 000**

Annexe 11 : Illustration sur les ressources forestières

Somona (Photo : APF)

Site minier de Mana côté Somona (Photo : APF)

Dangouna (Photo : APF)

Site minier de Mana côté Dangouna (Photo : APF)

Annexe 12 : Types de foyer utilisés à Somona et Dangouna

Foyer traditionnel à trois pierres sans attache au sol (Photo : APF)

Foyer traditionnel à trois pierres fixées au sol (Photo : APF)

Foyer traditionnel en banco (Photo : APF)

Foyer amélioré en banco (Photo : APF)