



**Étude d'impact environnemental et social
Projet d'extension à 27,5 MTPA**

**Évaluation des risques à la santé face aux
émissions provenant de la Compagnie des Bauxites
de Guinée pour les communautés riveraines et ses
travailleurs**

Décembre 2014



**Compagnie des Bauxites
de Guinée**

Sommaire

La présente étude de risque à la santé couvre les émissions générées par la *Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG)*. Opérant à Kamsar (usine de traitement et port) et à Sangarédi (mine), la société génère des matières particulaires (PM) et des gaz de combustion pouvant exposer les communautés riveraines. Elle contribue également à l'augmentation des niveaux sonores. Ses opérations peuvent avoir des impacts sur la qualité des eaux de surface ou souterraines. Enfin, le projet d'extension peut être un facteur contributif de l'augmentation des cas de maladies transmissibles vu l'afflux de travailleurs attendu.

Dans le cadre de l'étude d'impact environnemental et social du projet d'extension de production de la *CBG*, une campagne d'échantillonnage a été réalisée entre les mois de février et juin 2014 à différents points stratégiques afin d'estimer la contribution de la *CBG* aux conditions de base. La présente évaluation couvre la zone de l'usine et du port, à Kamsar, puis la zone d'opérations minières, à Sangarédi.

La moyenne des résultats démontrent des valeurs modérées de SO_2 et NO_2 en comparaison avec les lignes directrices de l'*Organisation mondiale de la santé (OMS)*. Ces gaz sont principalement émis par les opérations de la *CBG* (80 - 90 %). Pour les PM, une estimation permet de démontrer que la contribution de la *CBG*, sur la totalité des PM captées, est moyenne mais considérable en comparaison avec les lignes directrices de l'*OMS*. Nous avons observé une qualité de l'air inférieure aux recommandations de l'*OMS* à Kamsar. Cela pourrait augmenter le risque d'effets par exemple sur le système respiratoire. Ces effets seront accentués chez les personnes plus vulnérables tels les enfants et les personnes âgées. L'augmentation du niveau de bruit prévu à Kamsar est marginal tandis que cela doit être géré méthodiquement à Sangarédi afin d'éviter les plaintes liées au mécontentement de la population. Enfin, il est démontré que le projet demeure un risque pour l'aggravation de la présence du VIH/SIDA au sein d'une population déjà vulnérable.

Dans le cadre de son plan de gestion environnemental et social, la *CBG* devra tenir compte des résultats de cette étude afin de réduire au minimum l'impact des émissions dues aux opérations actuelles et de sa future extension, mais aussi travailler avec les communautés riveraines pour trouver des moyens d'amélioration.

Table des matières

SOMMAIRE	i
TABLE DES MATIÈRES.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iii
LISTE DES FIGURES	iii
REMERCIEMENTS	iv
1 INTRODUCTION	1
2 OBJECTIFS	1
3 DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE ET DE SES OPÉRATIONS	2
4 DESCRIPTION DES RISQUES À LA SANTÉ	4
4.1 Émissions atmosphériques	4
4.1.1 Dioxyde de soufre (SO ₂)	6
4.1.2 Dioxyde d'azote (NO ₂)	7
4.1.3 Matières particulaires (PM)	8
4.2 Bruit environnemental	11
4.3 Qualité de l'eau	14
4.4 Maladies transmissibles.....	15
4.4.1 VIH/SIDA.....	15
4.4.2 Paludisme	16
5 STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS.....	16
5.1 Gaz de combustion	16
5.2 Matières particulaires.....	18
5.3 Bruit.....	20
5.4 Qualité de l'eau	21
6 DISCUSSION.....	22
6.1 Gaz de combustion (SO ₂ , NO ₂)	22
6.2 Matières particulaires.....	24
6.3 Bruit environnemental	27
6.4 Qualité d'eau.....	28
6.5 Maladies transmissibles.....	29
7 CONCLUSION.....	30
ANNEXES.....	31

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : Exemple de composition du minerai de bauxite expédié par la CBG	5
TABLEAU 2 : Valeurs d'exposition moyenne pondérée pour les différents agresseurs	10
TABLEAU 3 : Standards nationaux de qualité d'air (NAAQS) pour les matières particulaires	10
TABLEAU 4 : Directive de l'OMS concernant la qualité de l'air	11
TABLEAU 5 : Résultats d'analyse de l'échantillonnage des gaz	18
TABLEAU 6 : Résultats d'analyse de l'échantillonnage des matières particulaires	19
TABLEAU 7 : Résultats de mesure de bruit environnemental pour la région de Kamsar (dBA)	20
TABLEAU 8 : Résultats de mesure de bruit environnemental pour la région de Sangardi (dBA)	21
TABLEAU 9 : Estimation de la contribution de la CBG aux émissions mesurées aux stations d'échantillonnage de Kamsar	25

Liste des figures

FIGURE 1 : Plan de localisation du projet et des installations de la CBG	3
FIGURE 2 : Emplacement des échantillonneurs de gaz à Kamsar	17
FIGURE 3 : Station d'échantillonnage des PM à Kamsar	19

Remerciements

Cette étude a été rendue possible grâce à la collaboration de la Direction de Santé, Sécurité, Environnement et Relations Communautaires de la *Compagnie des Bauxites de Guinée (CBG)* et de son personnel. L'auteur tient à remercier les sociétés *ÉEM* et *SENES Consultants* qui ont contribué à l'élaboration de la stratégie d'échantillonnage, du choix et l'envoi en Guinée des instruments et du matériel ayant servi à l'étude, et à l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus.

Les conseillers en hygiène industrielle de la *CBG*, M. Raymond Marie Coumbassa et Abraham Richard Camara, ont grandement contribué à la qualité des résultats obtenus par leur travail acharné sur le terrain. Enfin, l'auteur tient à remercier M. Mamadou Oury Diallo, maintenant surnommé « Taxi Brousse », pour sa contribution aux travaux et pour nous avoir conduits sur des pistes parfois hostiles à tout véhicule.

1 INTRODUCTION

La *Compagnie des bauxites de Guinée (CBG)* est une compagnie minière appartenant conjointement au *Gouvernement de Guinée* et *Halco Mining (Alcoa, Rio Tinto Alcan et Dadco)*. Cette société opère depuis 1973 et envisage actuellement d'augmenter sa production de bauxite de 13,5 millions de tonnes par année (Mtpa) de matériau expédié à une capacité de production de 22,5 Mtpa (à 3 % d'humidité) en janvier 2017 avec une autre augmentation de 5 Mtpa, à une capacité de production de 27,5 Mtpa en 2022.

Dans le cadre de ce projet, une étude socio-économique a été produite. Selon la perception des populations consultées dans le cadre de cette étude, les activités de la *CBG* pourraient favoriser le développement de nombreuses pathologies qui se développeraient à grande échelle dans la ville et dans les villages des alentours. L'usine de traitement, de par ses émissions, est souvent considérée par les habitants de la zone comme responsable des symptômes associés aux maladies respiratoires (asthme, sinusite) et aux troubles de la vision. Ils sont nombreux à sous-entendre que les poussières sont corrosives, puisqu'elles « rongent » les toits en tôle et sont donc toxiques et dangereuses pour la santé des populations. Les consultations démontrent que les habitants de Kamsar et de ses environs disposent de très peu d'information sur la composition et les impacts sur la santé des émissions générées par l'usine. Avec le temps, un ensemble de croyances s'est forgé autour des impacts des émissions sur la santé. Ces croyances sont alimentées par des observations récurrentes de certains symptômes et maladies, et d'un ensemble de craintes générées principalement par un déficit d'information¹.

À ce titre, en 2005, la *CBG* a investi 17 millions \$ US pour diminuer de 80% les émissions de poussières rejetées par l'usine de Kamsar à sa cheminée principale, visible à plusieurs kilomètres. Les populations constatent que les concentrations de fumées ont diminué, mais elles insistent pour dire que des progrès restent à faire. Dans l'*Étude d'impact environnemental et social (EIES) du Projet d'extension de la mine CBG*, il a donc été recommandé d'effectuer une évaluation des risques à la santé humaine.

2 OBJECTIFS

L'objectif général de cette étude est d'identifier, de mettre en relation les différentes émissions provenant de la *CBG* et d'évaluer leurs impacts sur la santé environnementale. Cette évaluation représente un outil pour :

- Etablir les données de base ;
- Informer en toute transparence les communautés sur la contribution de la *CBG* aux émissions totales ;

¹ EEM (2014). Étude d'impact environnemental et social du Projet d'extension de production de la CBG – Chapitre d'évaluation des impacts de l'étude sociale.

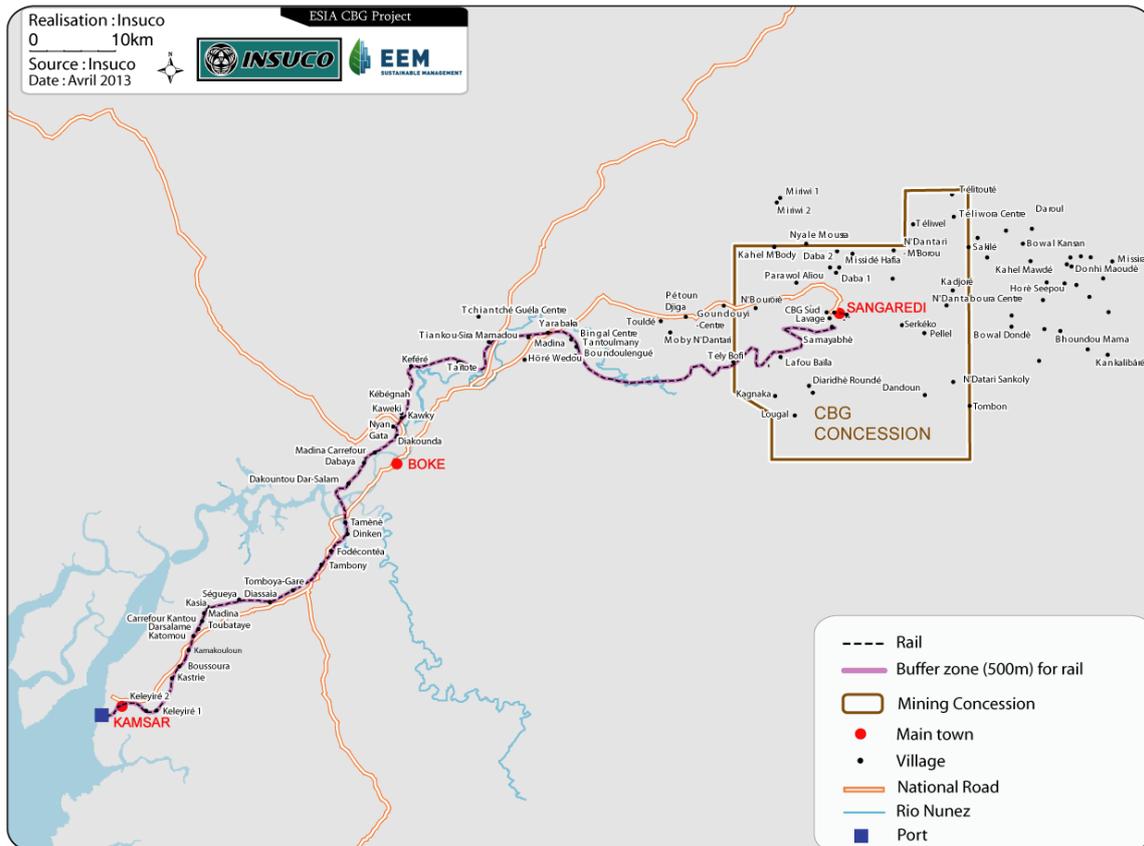
- Mettre en place une organisation et des moyens pour mettre en œuvre les mesures d'atténuation, de contrôle, et de suivi nécessaires.

Cette évaluation se veut un chapitre de l'*EIES du Projet d'extension de la mine CBG*.

3 DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE ET DE SES OPÉRATIONS

Actuellement, la *CBG* extrait, transporte par voie ferrée, traite et expédie environ 13,5 Mtpa de bauxite à 3 % d'humidité (capacité nominale) dans ses installations situées à Kamsar et Sangarédi dans le nord-ouest de la Guinée, comme illustré sur la figure ci-dessous. Ces installations fonctionnent depuis maintenant 1973.

Le projet d'extension comprend des améliorations majeures dans quatre zones distinctes du projet: le port et l'usine de traitement à Kamsar, la mine près de Sangarédi et la voie ferrée, utilisée pour transporter le minerai de la mine à l'usine.



Source : EEM et Insuco, *Etude d'impact environnemental et social pour l'extension de production de la mine CBG, Termes de référence révisés, p.1.*

Figure 1 Plan de localisation du projet et des installations de la CBG

Les opérations consistent premièrement en la réception du minerai arrivant par train. Actuellement, une moyenne de 5 trains par jour, comprenant 120 wagons, fournissent l'unité de concassage de l'usine. Une fois le minerai broyé, il est dirigé, à l'aide de convoyeurs, vers une zone de stockage humide ou vers les fours de séchage. À une humidité variant entre 12,5 et 16 %, le minerai doit être séché jusqu'à une humidité de 5 à 7 %. Il y a actuellement trois (3) fours horizontaux rotatifs dédiés à cette opération. Chaque four opère à une capacité nominale de 900 à 1 000 tonnes métriques/heure. Après le séchage, la bauxite peut être stockée dans un hangar ou directement acheminée au quai de chargement où un navire de type Panamax est chargé environ tous les 24 heures (capacité d'environ 54 000 tonnes/navire).

A la station de concassage, les wagons sont montés en hauteur puis renversés afin que le minerai s'écoule dans une chute alimentant les broyeurs. L'unité est munie d'un système de suppression des poussières. Les fours rotatifs sont reliés à des unités de lavage afin de contrôler les émissions de fumées. Les boues récupérées sont emmagasinées dans des étangs, transférées durant la saison sèche dans des lits de séchage, puis réintroduites dans le procédé.

L'énergie nécessaire au bon fonctionnement des opérations est produite à partir d'une centrale électrique de 34 MW équipée de 12 groupes électrogènes fonctionnant au carburant fossile.

Le projet en cours prévoit entre autre la construction d'une nouvelle unité de culbutage des wagons et une station de concassage plus performante. Le culbutage des wagons se fera désormais dans un puit. Il est également prévu l'ajout d'un hangar de stockage supplémentaire et de deux (2) fours rotatifs additionnels, l'extension du quai afin de permettre l'amarrage de deux navires et l'ajout, ou modification de convoyeurs. L'usine pourra recevoir, en fin de projet, une moyenne de 9 trains de 130 wagons par jour (capacité de 27,5 Mtpa). Il est prévu construire des convoyeurs fermés et munir tous les points de chutes et de transfert de système de suppression ou captation des poussières. Les fours seront également équipés d'un système de lavage similaire à ceux déjà installés.

4 DESCRIPTION DES RISQUES À LA SANTÉ

4.1 Émissions atmosphériques

Dans le cadre de ses activités, la *CBG* génère des émissions de par son procédé industriel, mais également par la circulation d'engins mobiles, à Kamsar, dans la zone minière et dans le corridor reliant Kamsar à Sangarédi (chemin de fer).

Les principales émissions atmosphériques sont générées à l'usine de Kamsar. Elles sont produites du fait que la *CBG* utilise le carburant fossile (huile) pour produire son énergie électrique et sécher la bauxite. Le carburant consommé pour le fonctionnement de la centrale électrique et des fours rotatifs représente environ 90 % du carburant total consommé par la *CBG* pour les opérations à Kamsar, soit un total d'environ 58 millions de litres par an (*CBG*, 2012).

Pour ces deux opérations, le type d'huile employé est l'huile résiduelle (huile No.6), plus communément appelée dans le milieu, *Bunker C*. Celle-ci est dense et visqueuse et est produite en mélangeant des huiles résiduelles lourdes avec des huiles plus légères (généralement l'huile No.2) pour rencontrer certaines exigences. De plus faible qualité, elle est livrée généralement avec une teneur plus élevée en soufre que l'huile diésel. Le *Bunker C* présentement employé par la *CBG* est livré avec une teneur en soufre de 2,36 %. Cela se veut un carburant bon marché, principalement utilisé dans l'industrie maritime.

Les autres opérations consommant le carburant sont la centrale électrique de Sangarédi et le transport routier, ferroviaire et maritime. La *CBG* opère une flotte de véhicules lourds et légers afin d'assurer l'extraction minière, l'entretien de la voie ferrée, les opérations de terrassement, etc. Le train assure le transport de la bauxite de la mine vers Kamsar. Dans cette étude, le transport maritime ne comprend pas l'exportation de la bauxite par navire, mais seulement le carburant consommé pour les bateaux remorqueurs et les navettes des pilotes. Le carburant utilisé à la centrale de Sangarédi et pour tous les engins mobiles, incluant les locomotives, est l'huile diésel.

Les principaux gaz provenant de la combustion du carburant fossile sont le dioxyde de soufre (SO₂) et les oxydes nitriques (NO_x, NO₂). Cette combustion génère également des matières particulaires comme le carbone élémentaire, dont le diamètre est généralement inférieur à 2,5 µm. Des composés organiques volatils peuvent également être retrouvés sous forme de trace.

Par le transport, le broyage et le séchage de la bauxite, la CBG génèrent des émissions de matières particulaires auxquelles les communautés riveraines peuvent être exposées. Bien que des systèmes de suppression et de contrôle des poussières soient en place, il demeure que plusieurs sources fugitives soient toujours visibles. Ces poussières peuvent être transportées par le vent au-delà des limites de la zone industrielle.

Une des principales sources est la cheminée principale des fours où des concentrations variant entre 141 et 266 mg/m³ avec un taux d'émission variant entre 50 et 103 kg/h ont été mesurés à la sortie des laveurs (Ecoserv, 2006).

Puisque les opérations consistent en de l'extraction, au transport, au concassage, au broyage et au séchage, aucune transformation chimique n'est effectuée à la mine, comme à l'usine de traitement. La composition des poussières qui s'y échappent serait donc similaire à la composition du minerai expédié chez les clients (Fiche de données de sécurité, Annexe I).

Tableau 1 Exemple de composition du minerai de bauxite expédié par la CBG

Composante	Concentration approximative (%)
Dioxyde de silicium (SiO ₂)	2-3
Dioxyde de titane (TiO ₂)	2-3
Oxyde de fer (Fe ₂ O ₃)	19-25
Oxyde d'aluminium (Al ₂ O ₃)	46-49
Matière organique	25-27

Source: Minesight, *CBG Long Term Mining Plan 2014-2042*.

Plusieurs sources d'émission proviennent également des activités courantes dans les communautés. Le parc de véhicules relativement âgé circulant sur les routes et pistes constitue une source non négligeable de pollution de par leurs gaz d'échappement mais aussi par le soulèvement de la poussière sur les routes. Cette poussière est apportée sur les voies principales asphaltées principalement par les véhicules provenant des voies secondaires non asphaltées (pistes) ou par le ruissellement de l'eau lors des pluies. Les émissions de matières particulaires générées par les feux de cuisson, le brûlage des ordures et les feux de brousse contrôlés constituent les autres sources recensées.

4.1.1 Dioxyde de soufre (SO₂)

Le SO₂ est un gaz incolore, ininflammable et possédant une odeur pénétrante (soufre), telle l'odeur d'une allumette qui s'allume. Sa présence peut donc être détectée par son odeur, à partir d'une concentration de 0,4 parties par million (ppm). Il est classé non cancérigène pour l'humain et n'est pas considéré comme un agent sensibilisant pour la peau.

Tel que mentionné précédemment, le SO₂ est produit principalement lors de la combustion du carburant fossile. Les principaux secteurs générant le SO₂ à la CBG sont donc les centrales électriques, les fours de séchage et les engins mobiles (engins miniers, camions de transport, locomotives).

On estime à environ 500 ppm les oxydes de soufre (SO₂, SO₃) émis directement à la sortie des fours (*Drytech International*, 2011). Des mesures à la sortie des laveurs ont démontré des concentrations de SO₂ variant entre 11 et 35 ppm pour un taux d'émission entre 4 et 35 kg/h (*Ecoserv*, 2006). Aucun résultat n'est disponible pour les émissions des centrales. Il est important de mentionner qu'il n'y a aucun stockage de dioxyde de soufre dans les installations de la CBG.

Lors d'études expérimentales, des effets sur la santé, principalement une baisse de la capacité pulmonaire, ont été observés chez des personnes asthmatiques exposées à une concentration variant entre 0,4 et 0,5 ppm (pendant la réalisation d'un exercice physique). Aucun effet n'était observable chez les adultes en santé pour cette même concentration (*NAC*, 2008). Lors de la révision des lignes directrices émises par le *National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances* sur l'exposition au SO₂, il a été suggéré une concentration de 0,2 ppm comme ne provoquant aucun effet sur la santé notable lors d'expérimentation (*NOEL*).

Le *U.S. EPA* (1982) avait déjà présenté des évidences de symptômes respiratoires ressentis par les personnes asthmatiques lorsqu'exposées à des concentrations crêtes de SO₂ sur des périodes variant entre 5 et 10 minutes. Une nouvelle évaluation de l'*U.S. EPA* (2009) avait comme objectif, entre autre, de développer un standard national de qualité d'air ambiant (*NAAQS*) pour la population en général et les sous-groupes potentiellement à risque plus élevé de réponse face à la pollution de l'air ambiant. Le groupe de recherche a conclu que le SO₂ demeurerait en milieu urbain l'un des indicateurs le plus approprié à analyser lors d'évaluation de qualité d'air, d'exposition et de risque. Selon les effets du SO₂ sur la santé, la durée d'exposition de référence appropriée retenue a été d'une heure (exposition de courte durée). Puisque le *U.S. EPA* conclut qu'il y a suffisamment d'évidence pour démontrer une relation de causalité entre des difficultés respiratoires et une exposition de courte durée au SO₂, une concentration maximale d'exposition à partir de 0,05 ppm devrait être prise en considération. Vu des évidences incertaines notées lors de la révision des études, le *U.S. EPA* suggère finalement un *NAAQS* de 0,075 ppm (1 heure) et un maximum de 0,5 ppm sur 3 heures à ne pas être dépassé plus d'une fois par année.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande une valeur de 0,05 ppm comme seuil moyen d'exposition sur 24 heures (1^{ère} cible intermédiaire) et 0,2 ppm comme seuil moyen d'exposition sur 10 minutes. Étant donné que les effets à la santé sont dus à des expositions de courte durée à plus forte concentration, le SO₂ est principalement contrôlé sur des périodes de courtes durées plutôt qu'à long terme.

Pour les travailleurs, l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* recommande une valeur d'exposition de courte durée (TLV STEL) de 0,25 ppm comme valeur de base à respecter.

4.1.2 Dioxyde d'azote (NO₂)

En plus du SO₂, les activités de combustion de la CBG génèrent des émissions d'oxydes d'azote (NO_x). Les oxydes d'azote sont composés entre autre de dioxyde d'azote (NO₂) servant d'indicateur de référence à l'OMS et d'autres organismes. Le NO₂ est un gaz incolore, ininflammable, provoquant une sensation d'irritation aux voies respiratoires lorsque inhalé à une concentration trop élevée. Son seuil olfactif varie entre 0,1 et 5 ppm (REPTOX, CSST). Il est classé non cancérigène pour l'humain et n'est pas considéré comme un agent sensibilisant pour la peau.

Lors d'études expérimentales, des effets sur la santé, principalement une baisse de la capacité pulmonaire, ont été observés chez des personnes asthmatiques exposées à une concentration de 0,3 à 0,5 ppm alors que d'autres études ont démontré l'absence de symptôme à des concentrations entre 0,5 et 4 ppm (NAC, 2008). Le *National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances* utilise la concentration de 0,5 ppm comme concentration ne provoquant aucun effet adverse sur la santé lors d'expérimentation (NAEL).

Pour les travailleurs, l'*ACGIH* recommande une valeur d'exposition moyenne pondérée (TLV TWA) de 0,2 ppm comme valeur de base à respecter. En 2010, l'*ACGIH* a abaissé son seuil d'exposition (TLV TWA) de 3 ppm à 0,2 ppm (380 µg/m³) et éliminé sa limite d'exposition court terme (TLV STEL) de 5 ppm. La base de cette révision est l'intention de protéger les travailleurs asthmatiques contre les effets d'irritation des voies respiratoires inférieures.

En addition à la revue de l'*ACGIH* sur les effets à la santé du NO₂, une revue de l'*U.S. EPA* (2008) avait également considéré les effets du NO₂ sur les personnes asthmatiques. L'évaluation de l'exposition et des risques de l'*U.S. EPA* avait démontré que la majorité des personnes asthmatiques pouvaient expérimenter une réponse d'hyper-sensibilité des voies respiratoires suivant une exposition de courte durée à partir d'une concentration de 0,1 ppm de NO₂. Le *U.S. EPA* a rapporté un niveau le plus bas pour lequel des effets sur la santé peuvent être observable (LOEL) de 0,1 ppm. Comme les personnes asthmatiques atteintes plus sévèrement peuvent réagir à de plus faibles concentrations, un niveau maximum de 0,05 ppm a été recommandé pour une période d'une heure journalière comme alternative potentielle. Actuellement, l'*U.S. EPA* recommande un NAAQS de 0,1 ppm pour 1 heure et 0,053 ppm comme niveau moyen annuel.

L'OMS recommande l'utilisation d'une valeur de 0,02 ppm comme seuil moyen d'exposition annuel et 0,1 ppm comme seuil moyen d'exposition sur 1 heure.

Tel que mentionné précédemment, le NO₂ est produit principalement lors de la combustion du carburant fossile. Comme pour le SO₂, les principaux secteurs générant le NO₂ sont les centrales électriques, les fours de séchages et les engins mobiles. Des mesures à la sortie des laveurs des fours de séchage ont démontré des concentrations variant entre 8 et 12 ppm pour un taux d'émission entre 3 et 6 kg/h (Ecoserv, 2006). Aucun résultat n'est disponible pour la centrale. Il est important de mentionner qu'il n'y a aucun stockage de dioxyde d'azote dans les installations de la CBG.

4.1.3 Matières particulaires (PM)

À la CBG, bien qu'une partie des matières particulaires proviennent de la combustion du carburant fossile, la majeure partie qui est générée proviendrait du transport (soulèvement de la poussière sur les pistes minières) et du traitement de la bauxite. Très peu d'études ont été conduites concernant l'exposition des individus à la bauxite et aucune maladie professionnelle n'y est directement liée. Aucune valeur limite d'exposition n'existe pour la poussière de bauxite car elle est reconnue comme une poussière n'ayant pas d'effets spécifiques. Ces poussières sont considérées inertes au sens de la réglementation. Une étude sur les symptômes respiratoires et la fonctionnalité pulmonaire des mineurs dans l'industrie de la bauxite (Beach et al., 2001) n'a pu démontrer d'évidence que l'exposition à la bauxite, aux niveaux d'exposition observés (niveau moyen de 5,9 mg/m³), pouvait être associée à une déficience respiratoire. Les sujets avec une exposition cumulée plus élevée n'ont pas rapporté de symptômes dans une fréquence plus élevée qu'une population moins exposée.

Même si considéré non toxique, il est démontré que les matières particulaires peuvent exercer des effets sur la santé, tels un vaste éventail de troubles respiratoires et des effets cardiovasculaires, particulièrement chez les individus vulnérables, comme les enfants, les personnes âgées et les personnes souffrant déjà d'une maladie.

En santé environnementale, on divise les matières particulaires généralement en deux catégories soit les PM₁₀, d'un diamètre de, ou inférieur à 10 microns et les PM_{2,5} d'un diamètre de, ou inférieur à 2,5 microns. Les sources d'émission de PM_{2,5} incluent entre autres toutes les sources provenant de combustion. La composition de ces particules et la détermination des effets possibles sur la santé varieront en fonction de la source. Les PM_{2,5}, communément appelées particules fines, peuvent pénétrer profondément dans les poumons pouvant causer ainsi une irritation des voies respiratoires. Par exemple, lors de la combustion du carburant, des émissions de carbones élémentaires surviennent. Ces particules, incluses dans les PM_{2,5}, peuvent causer une irritation des voies respiratoires chez une population vulnérable. Dans le cas des particules fines émises avec les fumées de diesel, elles pourraient augmenter le risque de développer un cancer du poumon.

Depuis quelques années, certaines études tendent à démontrer que l'exposition aux poussières dont le diamètre est inférieur à 10 µm peut être un facteur de risque pour les maladies cardio-vasculaires. Des études ont démontré des évidences sur les effets des matières particulaires et la variabilité du rythme cardiaque mais pas nécessairement pour une fraction spécifique. Ces effets ont été observés sur des expositions à court-terme et à long-terme.

Une étude (*Brook et al. 2014*) a récemment permis de démontrer une relation possible entre l'exposition de sujets aux poussières PM_{10-2.5} (« *coarse particles* »), à une concentration moyenne de 0,076 mg/m³, et l'augmentation du rythme cardiaque et de la pression sanguine chez les sujets. Ils concluent qu'à plus fortes concentrations, il serait donc possible que cela puisse favoriser des affections cardio-vasculaires. Cette catégorie de poussière n'est actuellement pas réglementée à titre de polluant atmosphérique mais semble expliquer des effets à la santé à court terme. Ceci démontre que l'exposition à des concentrations élevées de matières particulaires est un important facteur de risque à prendre en compte, particulièrement chez une population d'individus vulnérables. Des études supplémentaires seraient nécessaires pour valider cette conclusion.

L'exposition à de fortes concentrations de matières particulaires peut favoriser l'apparition de problème de santé tel que l'ischémie, l'arythmie, ou même modifier les performances de dilation vasculaire. Au niveau de l'augmentation du risque de mortalité, il est difficile d'interpréter les résultats puisque les données utilisées dans le cadre de ces études proviennent de villes différentes avec une composition de matières particulaires toutes différentes. Très récemment, une étude associant la pollution de l'air et les arrêts cardiaques à l'extérieur de l'hôpital a conclu qu'une exposition de court-terme à des matières particulaires dans les 48 à 72 heures précédentes était associée avec une augmentation des risques d'arrêt cardiaque (*Yorifuji et al., 2014*). Les études épidémiologiques de ce type se poursuivent. Enfin, les effets des matières particulaires sur le système central nerveux est le nouveau secteur d'étude en émergence, mais peu d'études sont disponibles à ce sujet jusqu'à aujourd'hui.

Pour les travailleurs, l'*ACGIH* recommande une valeur d'exposition moyenne pondérée (*TLV TWA*) de 10 mg/m³ (fraction inhalable) pour les particules non autrement classifiées et de 3 mg/m³ pour leur fraction respirable. Certains critères d'exposition peuvent être employés pour contrôler les composantes de poussières tels le fer, l'aluminium, ou la silice.

L'*U.S. EPA* a établi des standards nationaux (NAAQS) pour les PM_{2.5} et PM₁₀. Les niveaux sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 2 Valeurs d'exposition moyenne pondérée pour les différents agresseurs

Agresseur	TLV-TWA
Poussières non autrement classifiées	3 mg/m ^{3 (R)} / 10 mg/m ^{3 (I)}
Silice (SiO₂) – Cristalline	0,025 mg/m ^{3 (R)}
Silice (SiO₂) – Amorphe	3 mg/m ^{3 (R)} / 10 mg/m ^{3 (I)}
Dioxyde de titane (TiO₂)	10 mg/m ³
Oxyde de fer (Fe₂O₃)	5 mg/m ^{3 (R)}
Oxyde d'aluminium (Al₂O₃)	1 mg/m ^{3 (R)}

^(R) Fraction respirable, ^(I) Fraction inhalable

Source: ACGIH, 2014 TLVs and BEIs.

Tableau 3 Standards nationaux de qualité d'air (NAAQS) pour les matières particulaires

Agresseur	Primaire/Secondaire	Période	Niveau
PM_{2.5}	Primaire	Annuel	0,012 mg/m ³
	Secondaire	Annuel	0,015 mg/m ³
	Primaire/Secondaire	24 heures	0,035 mg/m ³
PM₁₀	Primaire/Secondaire	24 heures	0,15 mg/m ³

Source : National Ambient Air Quality Standards (NAAQA) | Air and Radiation | US EPA

L'OMS recommande une valeur de PM₁₀ de 0,02 mg/m³ comme seuil moyen d'exposition annuel et 0,05 mg/m³ comme seuil moyen d'exposition sur 1 heure. Certaines valeurs cibles pour les seuils annuels et d'une heure sont également recommandées. Pour les PM_{2.5}, elle recommande une valeur de 0,01 mg/m³ comme seuil moyen d'exposition annuelle et 0,025 mg/m³ comme seuil moyen d'exposition sur 1 heure. Des valeurs cibles pour les seuils annuels et d'une heure sont également mentionnées.

Selon les données de la *Banque mondiale* (David R. Wheeler et Al., 2006), les concentrations moyennes de PM₁₀ dans les quartiers résidentiels pour les villes de plus de 100 000 habitants en Guinée étaient estimées à 0,07 mg/m³ (Conakry). La moyenne pour toutes les villes de 100 000 habitants et plus de l'Afrique de l'ouest est de 0,09 mg/m³. Toutes ces valeurs sont supérieures au seuil moyen annuel recommandé par l'OMS de 0,02 mg/m³.

Tableau 4 Directive de l'OMS concernant la qualité de l'air

Agresseur	Durée moyenne d'exposition	Cible	Valeur mg/m ³	Valeur ppm
PM _{2.5}	1 an	1 ^{ère} cible intermédiaire	0,035	N/A
		2 ^e cible intermédiaire	0,025	N/A
		3 ^e cible intermédiaire	0,015	N/A
		Ligne directrice	0,01	N/A
	24 heures	1 ^{ère} cible intermédiaire	0,075	N/A
		2 ^e cible intermédiaire	0,05	N/A
		3 ^e cible intermédiaire	0,0375	N/A
		Ligne directrice	0,025	N/A
PM ₁₀	1 an	1 ^{ère} cible intermédiaire	0,07	N/A
		2 ^e cible intermédiaire	0,05	N/A
		3 ^e cible intermédiaire	0,03	N/A
		Ligne directrice	0,02	N/A
	24 heures	1 ^{ère} cible intermédiaire	0,15	N/A
		2 ^e cible intermédiaire	0,1	N/A
		3 ^e cible intermédiaire	0,075	N/A
		Ligne directrice	0,05	N/A
SO ₂	24 heures	1 ^{ère} cible intermédiaire	0,125	0,05
		2 ^e cible intermédiaire	0,05	0,02
	Ligne directrice	0,02	0,01	
	10 minutes	Ligne directrice	0,5	0,2
NO ₂	1 an	Ligne directrice	0,04	0,02
	1 heure	Ligne directrice	0,2	0,1

Source : IFC, Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (EHS), p.6.

4.2 Bruit environnemental

L'oreille humaine reçoit constamment un stimulus provenant de l'environnement. Cela ne veut pas dire que c'est automatiquement dérangeant ou qu'un risque existe au niveau de la santé. Les effets du bruit à faible niveau sur l'être humain sont souvent difficiles à interpréter car ils sont souvent plus qualitatifs que quantitatifs.

Un niveau de bruit trop élevé peut induire une surdité. Le *US EPA* et plusieurs autres organismes utilisent comme critère de prévention une valeur de référence de 70 dBA, mesurée sur une période d'exposition de 24 heures (LAeq, 24h). Un seuil se situant entre 78 et 80 dBA (Stephenson et al.) a été observé pouvant causer une baisse de l'audition. Il a été démontré qu'une exposition sous ce seuil préviendrait toute perte mesurable de l'audition sur une vie entière. Malgré tout, il appert qu'un risque plus élevé est présent chez certains groupes d'individus tels que les enfants. Le risque de perte d'audition peut également être plus élevé si le sujet est exposé en même temps à des vibrations, un produit chimique, ou un médicament ototoxique, en plus d'être exposé à un niveau

supérieur à 70 dBA (Laeq, 24h). Les données relatives à l'association entre le niveau d'exposition et la perte d'audition dans la population générale sont peu nombreuses. Par contre, en se basant sur les études limitées en cette matière, nous pouvons croire que le risque est très faible de développer une perte d'audition si la valeur Laeq, 24h de 70 dBA est respectée. Afin d'éviter tout dommage, un niveau maximal de bruit d'impact de 140 dBA pour un adulte et de 120 dBA pour un enfant doit également être respecté.

La raison première pour laquelle nous contrôlons le bruit environnemental est davantage pour réduire les interférences avec les conversations, le sommeil, mais également pour prévenir les mécontentements. La littérature mentionne qu'à partir de 50 dBA, une conversation, alors que les personnes sont à quelques mètres de distance, peut devenir plus difficile. Jusqu'à 45 dBA, la communication peut être entendue aisément alors que le ton doit s'élever lorsqu'un niveau de 65 dBA est atteint. À cela s'ajoute d'autre facteur comme l'âge puisqu'à partir de 40 ans, une diminution de la faculté auditive peut commencer à se faire sentir.

Différentes études ont démontré que le bruit, qu'il soit continu ou ponctuel, peut être une source de dérangement pour le sommeil. Le plus intense est le niveau sonore, le plus intense sera la nuisance. Des effets sont observables à partir de 30 dBA (LAeq). Un des effets mesurés est un changement au niveau des phases du sommeil, particulièrement la phase du sommeil paradoxal. D'autres effets subjectifs ont été notés comme la difficulté de s'endormir, changement de perception dans la qualité du sommeil, ou d'autres effets secondaires comme les maux de tête ou la fatigue. Les groupes de personnes les plus sensibles sont les personnes âgées, les travailleurs en quart et les personnes atteintes d'une déficience mentale ou physique. Lorsque le bruit est continu, on suggère un niveau moyen de 30 dBA (intérieur) afin d'éviter tout dérangement du sommeil. Pour le bruit ponctuel, nous devrions éviter des niveaux supérieurs à 45 dBA (intérieur). Plus le bruit de fond sera bas, plus la nuisance augmentera à un même niveau sonore.

Selon certaines études épidémiologiques, des effets sur le système cardio-vasculaires seraient également perceptibles à un LAeq, 24h supérieur à 65 dBA. Cette association est toutefois faible et demanderait davantage de données afin d'être démontré d'une façon plus équivoque. D'autres effets ont également été notés mais sans toutefois signaler de valeurs guides tels que les effets sur la santé mentale, sur la performance et les habitudes sociales.

Pour limiter les effets du bruit sur la qualité du sommeil et prévenir toute nuisance sur les activités humaines, le *US EPA* suggère que les niveaux sonores devraient être maintenus, dans les zones résidentielles, à un niveau moyen inférieur à 55 dBA afin de protéger la santé et le bien-être de la population, avec une marge de sécurité adéquate. Dans certains documents, l'*US EPA* recommande une valeur moyenne d'exposition de 45 dBA pour l'intérieur des bâtiments et de 55 dBA pour l'extérieur. Ces valeurs-guides ne considèrent pas la faisabilité technologique ou économique et ne sont pas employées à titre de réglementation. Comme autre référence, l'organisme *US Department of Housing and Urban Development (HUD)* accepte de financer des projets immobiliers seulement dans

des zones où le niveau sonore est inférieur à 65 dBA puisqu'ils considèrent ce niveau comme normalement acceptable. Il en est de même pour le *US Department of Defense and Federal Aviation Administration* qui utilise ce même critère dans le domaine de l'aviation pour les dérangements causés par le trafic aérien. Le *US Federal Highway Administration* emploie un critère de 67 dBA (LAeq, 1h) pour déterminer la nécessité d'instaurer des mesures d'atténuation.

Dans les pays développés, la gouvernance locale détermine souvent des critères pour leur propre municipalité. Ces critères rejoignent ceux de l'OMS qui a pour sa part établi une valeur-guide de 45 dBA (extérieur) entre 22h00 et 7h00 alors qu'une valeur-guide de 55 dBA est applicable entre 7h00 et 22h00. D'autres critères existent également en termes de différence de niveaux sonores en rapport avec le bruit de fond. Bien que les critères de sélection ne soient pas clairement identifiés, l'*IFC* recommande un niveau sonore maximum émis inférieur à 3 dBA en rapport avec le bruit de fond, ou les conditions initiales. Nous pouvons supposer que l'objectif de l'*IFC* est de réduire au minimum la perception de changement. Il est mentionné dans la littérature qu'une différence inférieure à 3 dBA est à peine perceptible et que l'impact d'une telle augmentation serait marginale ou absente. Une différence de plus de 3 dBA est plus facilement perceptible et nous considérons que le niveau d'impact serait faible jusqu'à ce que cette différence atteigne 5 dBA. Lorsque la nuisance sonore est supérieure de plus de 5 dBA du bruit de fond, l'impact devient alors modéré, puis élevé à un niveau supérieur de 10 dBA (Bies, 1997) alors que le bruit est perçu comme étant deux(2) fois plus puissant. Une étude de l'*US EPA (EPA, 1974)* suggère que l'apparition de plaintes et d'actions légales est prévisible lorsque le niveau moyen de base du bruit est élevé d'au moins 5 dB par une autre source existante dans la communauté et que des actions vigoureuses sont entreprises lorsque la différence atteint plus de 20 dB.

Pour la population de travailleurs, selon le pays, nous retrouvons un niveau à respecter variant entre 85 dBA et 90 dBA (LAeq, 8h). La valeur de 90 dBA, autrefois utilisée, semble non adapté à l'oreille humaine car beaucoup d'études sont venues démontrer que le risque de développer une surdité professionnelle était toujours élevé lorsque exposé à des niveaux inférieurs. En 1997, le rapport intitulé *Technical Assessment of Upper Limits on Noise in the Workplace*, approuvé et publié par l'*International Institute of Noise Control Engineering*, recommandait entre autre :

- Une limite de 85 dBA pour un quart de travail de 8 heures ;
- Un maximum de 140 dB-C pour les bruits d'impact ;
- Un taux d'échange de 3 dB à utiliser pour déterminer le doublement des niveaux sonores ;
- Un programme de contrôle des niveaux de bruit lorsque la dose d'exposition est supérieure à 85 dBA (LAeq, 8h) ;
- Encourager l'utilisation de protecteur auditifs chez les travailleurs exposés à plus de 85 dBA (LAeq, 8h) et le rendre obligatoire lorsqu'exposés à plus de 90 dBA (LAeq, 8h) ;
- L'employeur doit conduire un examen audiométrique aux travailleurs exposés à plus de 85 dBA (LAeq, 8h) au minimum tous les 3 ans.

Des pays comme l'Australie, la France, l'Allemagne et la Grande-Bretagne ont déjà adopté ces recommandations comme un minimum à respecter.

4.3 Qualité de l'eau

L'accès à l'eau potable est essentiel pour la santé des communautés riveraines et demeure un élément de base aux droits humains. La qualité de l'eau potable peut avoir un impact direct sur la santé de la population. Différents facteurs peuvent influencer sa qualité comme ses aspects microbiologiques, sa désinfection, ses composantes chimiques et radiologiques, son goût, son odeur et son apparence.

Il est important de bien identifier les rôles et responsabilités envers la gestion des points d'eau potable. Différents organismes peuvent être impliqués dans les opérations de contrôle et de surveillance comme les services publics de santé, les autorités locales (ex : services techniques), les communautés concernées, jusqu'au consommateur.

Des critères de performance doivent être établis. L'évaluation des paramètres physique effectuée par *SENES Consultants* dans le cadre de l'*EIES* se rapportait aux valeurs-guides de l'Union Européenne. La Directive 98/83/CE du conseil stipule :

« En cas de non-respect des valeurs paramétriques ou des spécifications prévues à l'annexe I, partie C, les États membres examinent si ce non-respect présente un risque pour la santé des personnes. Ils prennent des mesures correctives pour rétablir la qualité des eaux lorsque cela est nécessaire pour protéger la santé des personnes. »

Bien que les valeurs apparaissant dans l'annexe I de cette Directive doivent servir de lignes directrices, les valeurs apparaissant à l'annexe I, partie C, servent uniquement à des fins de contrôle. À ce titre, la présente section se réfère essentiellement aux *Lignes directrices de la qualité de l'eau potable* préparées par l'OMS qui sont basées sur les effets directs à la santé humaine. À titre d'exemple, l'OMS ne recommande pas de ligne directrice pour le fer puisqu'il est un élément essentiel à l'organisme, mais mentionne qu'un taux inférieur à 2 000 µg/l n'aurait aucun effet sur la santé et que l'odeur et l'apparence seraient affectées bien en-deçà de ce niveau. Les lignes directrices de l'UE suggèrent toutefois une concentration de 200 µg/l comme paramètre de contrôle. Il en est de même pour le manganèse où l'OMS mentionne un taux de 400 µg/l alors que l'EU recommande 50 µg/l comme paramètre de contrôle.

4.4 Maladies transmissibles

Selon les enquêtes effectuées par *Insuco* dans le cadre de l'étude socio-économique de l'EIES du projet d'extension, les principales pathologies observées à l'hôpital ont été :

- Le paludisme ;
- Les maladies pulmonaires (dont IRA et tuberculose) ;
- VIH/SIDA (associé aux autres pathologies) ;
- Maladies digestives et diarrhées.

Le rapport d'étude socio-économique (*Insuco*, 2014) mentionne qu'en dehors du VIH/SIDA qui est généralement lié aux concentrations de travailleurs et d'étrangers, les pathologies rencontrées ne sont pas liées directement aux activités de la mine. Dans le cadre de cette évaluation des risques, nous avons voulu tenir compte du VIH/SIDA pour la raison précédemment citée ainsi que du paludisme, première cause de décès à l'échelle nationale.

4.4.1 VIH/SIDA

À l'échelle nationale, le VIH/SIDA représente la 8^e cause de maladie et la 11^e cause de décès pour les enfants de moins de 5 ans (OMS, 2012) pour un taux de mortalité général de 48/100 000 habitants (OMS, 2007). Dans le rapport d'étude socio-économique reliée à l'étude d'impact social du présent projet d'extension, *Insuco* a bien décrit la situation en rapport avec la présence du VIH/SIDA à l'échelle régionale. Il a été mentionné que la situation épidémiologique de la zone du projet a été étudiée par l'ONG *Partenaires contre le SIDA*, une ONG créée à l'initiative de l'Agence Française pour le Développement (AFD), *SIDA-Entreprises* et la *Coalition Mondiale des Entreprises contre le VIH/SIDA, le paludisme et la tuberculose*. Sept sites miniers, dans les trois principales zones minières de la République de Guinée, ont fait l'objet d'une « *Étude de faisabilité pour l'intégration de la prise en charge médicale et psychosociale des maladies du VIH/SIDA* ». Publiée en 2009, cette étude s'appuie sur l'*Enquête de surveillance comportementale et biologique sur le VIH/Sida (ESCOMB, 2007)*, menée en 2007 par l'ONG *Stat View International*, visant 600 industriels miniers et 600 exploitants artisanaux répartis dans les différentes zones minières du pays.

Alors que l'*ONUSIDA* estime la prévalence du VIH/SIDA à 1,7 % pour la Guinée², l'enquête *ESCOMB* évalue sa prévalence (personnes séropositives et infectées) à un niveau de 5,2 % parmi les hommes travaillant dans le secteur minier et jusqu'à 7,5 % parmi les travailleurs du secteur en Basse-Guinée. Toujours selon cette étude, ce taux pourrait atteindre 14,2 % chez les miniers célibataires. Les pêcheurs seraient quant à eux porteurs du virus à 5,6 %. Dans la préfecture de Boké, les zones d'activité minières constituent en effet des pôles d'attraction pour les populations en recherche d'emploi, mais aussi des professionnels du sexe, pour lesquels le taux de prévalence atteindrait

² <http://www.unaids.org/fr/regionscountries/countries/guinea/>

34,4 %³. À l'échelle de l'Afrique, le taux de prévalence chez les adultes âgés entre 15 et 49 ans est estimé à 4,9 % (OMS, 2010).

4.4.2 Paludisme

La Guinée est une région endémique au paludisme. Nous y retrouvons un taux élevé de transmission au sein de la population dans tout le pays. En 2006, le taux de mortalité relié au paludisme était de 164 pour 100 000, alors que le taux moyen pour l'Afrique était de 104. Le paludisme est classé au premier rang des causes de maladie et représente également la 1^{ère} cause de décès pour les enfants de moins de 5 ans en Guinée (OMS, 2012). Selon le *World Malaria Report* de 2013, la souche principale rencontrée est le *P. falciparum* (OMS, 2013).

En 2009, la République de la Guinée a adopté comme intervention la distribution gratuite de filets traités à l'insecticide à la population de tout âge. Il a été démontré que cette intervention pouvait réduire de 50 % les épisodes cliniques et réduire de 18 % la mortalité chez les enfants de moins de 5 ans. En 2012, la Guinée a également adopté de rendre les diagnostics de paludisme gratuit pour toute la population dans le secteur public ainsi que l'ACT (combinaisons à base d'artémisinine) comme traitement aujourd'hui considéré les seuls véritablement efficaces contre le paludisme. Dans les 10 dernières années, la lutte contre le paludisme en Guinée a été financée principalement par Le Fonds Mondial, la Banque Mondiale, l'OMS/UNICEF et le USAID/PMI.

5 STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS

5.1 Gaz de combustion

Les gaz ont été échantillonnés à l'aide d'échantillonneurs passifs. Un échantillonneur passif est un instrument capable de prélever un échantillon de gaz ou de vapeur dans l'air ambiant à un débit contrôlé par un procédé physique comme la diffusion au travers d'une membrane. Ce procédé ne nécessite pas de mouvement d'air actif au travers l'échantillonneur. L'échantillonneur *PASS*, employé dans le cadre de cette étude, a été développé par le laboratoire *Maxxam* avec le support de l'*Alberta Environment Protection (AEP)* et du *National Research Council of Canada (NRC)* entre autre.

Deux séries d'échantillonnage ont été réalisées à un point localisé à la limite de la zone industrielle de Kamsar et des premières habitations, chacune pendant une durée d'un mois, durant la saison sèche. La première série s'est déroulée entre le 28 février 2014 et le 2 avril 2014 et la deuxième, entre le 14 mai 2014 et le 14 juin 2014. Vu la localisation de l'usine avec la ville et la direction des vents dominants, un seul point d'échantillonnage était suffisant pour les fins de cette évaluation (voir chapitre 2 de l'EIES).

³<http://www.sidaentreprises.org/fr/UserFiles/file/Guinee%20faisabilite%20PEC%20secteur%20mines.pdf>

Dans la zone minière, deux points d'échantillonnage ont été sélectionnés, en amont et en aval des opérations minières. L'échantillonnage s'est déroulé entre les mois de mars et avril (saison sèche). Dû à l'étendue de la zone et la présence de villages et hameaux tout autour, plus d'un point d'échantillonnage étaient nécessaires (voir chapitre 2 de l'EIES).

Pour chaque série, deux (2) échantillonneurs passifs par type de gaz étaient installés (NO_x , NO_2 , SO_2). L'échantillonnage en parallèle permet de valider l'exactitude et la précision des résultats obtenus. Un échantillon témoin a également été joint pour chaque jour d'échantillonnage. La procédure d'échantillonnage détaillée est présentée en annexe II.



Source : S. Dallaire – CBG 2014.

Figure 2 **Emplacement des échantillonneurs de gaz à Kamsar**

La concentration moyenne de SO_2 obtenue dans la ville de Kamsar a été de 0,0019 ppm (4 résultats) pour toute la durée d'échantillonnage avec un écart-type de 0,00059 et un maximum de 0,0027 ppm. Les concentrations moyennes de NO_x et de NO_2 obtenues ont été respectivement de 0,0073 ppm et 0,0027 ppm, pour cette même durée, avec des écarts-types respectifs de 0,00069 et 0,00021.

Tableau 5 Résultats d'analyse de l'échantillonnage des gaz

Location	Nombre	Concentration moyenne			Concentration maximale		
		(ppm)			(ppm)		
		NO ₂	NO _x	SO ₂	NO ₂	NO _x	SO ₂
AQ-1-Alcoa	4	0,0027	0,0073	0,0019	0,0029	0,0081	0,0027
AQ-10-Parawi	2	0,0005	0,00085	0,0002	0,0005	0,002	0,0002
AQ-12-Petoun BW	2	0,0013	0,0023	0,0001	0,0014	0,0028	0,0001

Pour la zone à proximité des opérations minières (AQ-12), les concentrations moyennes mesurées ont été de 0,0013 ppm (NO₂), 0,0023 ppm (NO_x) et 0,0001 ppm (SO₂). Des mesures ont été effectuées dans la même période et dans une zone non exploitée de la concession minière afin de servir de données de base (AQ-10). Sur une période de 31 jours, les concentrations obtenues ont été de 0,0005 ppm (NO₂), 0,00085 ppm (NO_x) et 0,0002 ppm (SO₂).

5.2 Matières particulaires

L'échantillonnage des matières particulaires s'est effectué à l'aide d'un instrument portable appelé *MiniVol*, manufacturé par la société *Airmetrics*. Cet instrument, développé avec la collaboration de l'*U.S. EPA*, sert à échantillonner les particules totales en suspension, inférieures à 10 µm (PM₁₀), et inférieures à 2,5 µm (PM_{2.5}). Il consiste en une pompe forçant l'air à passer à travers un séparateur (cyclone), puis d'un filtre, à un débit constant de 5 litres/minute. Le principe de séparation s'effectue par impaction.

Les instruments d'échantillonnage et de calibration ont tous été inspectés et calibrés par le manufacturier au préalable à l'aide d'un étalon primaire. Avant et après chaque échantillonnage, les instruments étaient soumis à une calibration secondaire directement réalisée sur les lieux de l'échantillonnage à l'aide d'un manomètre digital ayant été étalonné avec traçabilité par le *U.S. National Institute of Standard and Technology (NIST)*. Le *MiniVol* est conçu pour fonctionner à un débit variant entre 4,5 et 5,5 L/min. La température et la pression atmosphérique au moment de la calibration ont été obtenues à partir d'une station météo installée dans la région immédiate. Le débit était calculé à partir de la formule suivante, obtenue lors de l'étalonnage du manomètre (certificat) :

$$\text{Débit}(l/min) = \frac{5,6465\sqrt{P_1 \cdot T}}{P_2} + 0,0719$$

P1 = Pression du manomètre (in H₂O)
P2 = Pression atmosphérique (mm Hg)
T = Température (K)

À Kamsar, l'échantillonnage a été divisé en deux (2) séries de six (6) journées d'échantillonnage (périodes de 24 heures). L'échantillonnage se déroulait en parallèle à deux (2) points différents aux limites des premières habitations et de la zone industrielle. À chaque point, trois (3) appareils étaient installés pour assurer l'échantillonnage en simultané des particules totales en suspension, des PM₁₀ et des PM_{2.5}. Pour chaque journée d'échantillonnage, un échantillon témoin était joint. En plus de

l'analyse par pesée gravimétrique, une caractérisation des métaux a également été demandée à tous les deux (2) jours d'échantillonnage. La procédure d'échantillonnage est détaillée en annexe III.

Les résultats obtenus démontrent une concentration moyenne de PM₁₀ variant entre 0,113 et 0,123 mg/m³ et une moyenne de 0,07 µg/m³ pour les PM_{2.5}. Une analyse de composition des poussières totales échantillonnées a permis d'identifier que celles-ci étaient composées entre autre d'aluminium, dans une proportion moyenne d'environ 2 % (maximum de 3 %). Les autres éléments analysés pouvant induire une toxicité tels que l'antimoine, l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre et le nickel n'ont pas été détectés dans aucun des échantillons analysés.



Source : S. Dallaire – CBG 2014.

Figure 3 Station d'échantillonnage des PM à Kamsar

Tableau 6 Résultats d'échantillonnage des matières particulaires

Localisation	Nombre	Concentration moyenne (mg/m ³)			Concentration maximale (mg/m ³)		
		PM10	PM2.5	Al	PM10	PM2.5	Al
AQ-1-Alcoa	12	0,113	0,071	0,003	244,4	0,118	0,007
AQ-2-Ecole	12	0,123	0,070	0,003	245,3	0,124	0,008
AQ-10-Kourawel	5	0,125	0,076	0,001	195,0	0,153	0,002
AQ-13-Parawi	5	0,081	0,036	0,001	89,7	0,054	0,002
AQ-11-Hamdal.	6	0,096	0,062	0,002	115,2	0,085	0,002
AQ-12-Petoun	6	0,111	0,073	0,0009	133,0	0,085	0,001

Les résultats d'analyse des échantillons prélevés à proximité des opérations minières (Sangarédi) démontrent des concentrations moyennes de PM₁₀ variant entre 0,096 et 0,111 mg/m³ et d'une moyenne de 0,068 mg/m³ pour les PM_{2.5}. L'analyse de composition des poussières totales échantillonnées a permis d'identifier que celles-ci étaient composées d'aluminium, dans une proportion moyenne d'environ 1,4 %. Les autres éléments analysés pouvant induire une toxicité tels que l'antimoine, l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre et le nickel n'ont pas été détectés.

Des mesures ont été effectuées en parallèle dans une zone non exploitée de la concession minière afin de servir de données de base (AQ-10, AQ-13). Sur 10 périodes d'échantillonnage de 24 heures, les concentrations moyennes obtenues ont été de 0,103 mg/m³ (PM₁₀), 0,057 mg/m³ (PM_{2,5}) et d'un pourcentage d'environ 1 % d'aluminium.

En plus de la campagne d'échantillonnage réalisée par la CBG, *SENES Consultants* a réalisé une évaluation d'impact sur la qualité d'air du projet d'extension de production de la CBG. Les résultats de cette évaluation, incluant les données de modélisation, sont disponibles dans la section 2.1 de l'EIES.

5.3 Bruit

Lors de la mise à jour des paramètres physiques effectuée par la CBG, une campagne intensive de mesures des niveaux sonores a été réalisée. Des mesures en continu sur une période de 48 heures, tel que suggéré par l'IFC, ont été effectuées à 5 endroits dans la région de Kamsar et 15 dans la région de Sangarédi (mine). Les résultats ont été transmis à *SENES Consultants* pour fins d'analyse et d'interprétation. Ils ont également employé ces résultats pour alimenter et valider leurs modèles de diffusion.

Tableau 7 Résultats de mesure de bruit environnemental pour la région de Kamsar (dBA)

Localisation	Jour		Nuit (22h-7h)		Total	
	L _{eq}	L ₉₀	L _{eq}	L ₉₀	L _{eq}	L ₉₀
NR-1	50,9	45,9	51,7	47,1	51,0	46,1
NR-2	52,8	45,6	47,5	43,7	52,3	45,4
NR-3	60,0	48,3	52,5	47,2	59,3	48,1
NR-4	59,2	55,3	53,4	46,3	58,6	54,6

Tableau 8 Résultats de mesure de bruit environnemental pour la région de Sangarédi (dBA)

Village	Jour	Nuit (22h-7h)	Total
	L _{eq}	L _{eq}	
Tiewere	38,2	30,9	35,7
Fassali	36,5	36,5	36,5
Parawol Sitako	40,1	39,6	39,9
Pavari	39,4	38,8	39,1
Hamdallay	53,1	55,1	54,1
Dounsi	36,2	37,1	36,5
Kogon Lingue	48,6	45,0	47,8
Kagnaka	50,4	52,3	50,9
Paragogo	NI	NI	NI
Bandodji	38,6	32,1	36,4
Kourawel	38,0	34,0	36,5
Petoun B. Wandé	43,9	43,9	43,9
Samayabhe	41,4	39,5	40,9
Hore Lafou	45,5	51,8	47,6
Parawol	NI	NI	NI

NI – Résultat non retenu dû à des conditions météorologiques non représentatives.

Les instruments d'échantillonnage et de calibration ont tous été inspectés et calibrés par le manufacturier au préalable à l'aide d'un étalon primaire. Avant et après chaque échantillonnage, les instruments étaient soumis à une calibration secondaire directement réalisée sur les lieux de l'échantillonnage à l'aide d'une source sonore ayant été étalonnée avec traçabilité par le *U.S. National Institute of Standard and Technology (NIST)*.

5.4 Qualité de l'eau

Lors de la mise à jour des paramètres physiques effectuée par la CBG, une campagne d'échantillonnage des eaux de surface et souterraine a été réalisée. Des échantillons ont été prélevés dans des puits (Sangarédi), au niveau du Rio Nuñez, de la rivière Dougoufissa et dans différents cours d'eau de la région minière de Sangarédi. Les échantillons ont été transmis à *SENES Consultants* pour fins d'analyse et d'interprétation. Ils ont également employé ces résultats pour alimenter et valider leurs modèles de diffusion. Les résultats sont disponibles dans la section 2.3 du rapport de l'EIES.

6 DISCUSSION

Les résultats obtenus dans le cadre de cette évaluation sont comparés principalement aux lignes directrices de l'OMS et aux *Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (EHS) - Directives EHS générales* de l'*International Finance Corporation (IFC)*. Ces deux organismes servent de référence aux institutions bancaires finançant les projets internationaux. Pour fins d'évaluation des risques à la santé et pour une meilleure interprétation, des critères et études de d'autres organismes de référence ont été utilisés tel que le *U.S. EPA*.

6.1 Gaz de combustion (SO₂, NO₂)

Selon les résultats de l'analyse des échantillons, il ressort que les valeurs moyennes obtenues durant la période d'échantillonnage pour le SO₂ et le NO₂ sont inférieures aux seuils les plus sévères recommandés par l'OMS (15 - 30 %) et bien en deçà des valeurs guides de l'ACGIH (1 - 2 %). Il apparaît également que les concentrations de SO₂ dans l'air soient relativement stables puisque les deux séries d'échantillonnage ont démontré des résultats se situant dans le même ordre de grandeur. L'échantillonnage en parallèle a également appuyé l'exactitude des résultats obtenus puisque les valeurs sont toutes dans le même ordre de grandeur.

Nous estimons que la contribution de la CBG aux concentrations mesurées à Kamsar serait de 80 à 90 % en tenant compte des résultats déjà obtenus dans la zone minière non exploitée de 0,005 ppm de NO₂ et 0,0002 ppm de SO₂ (AQ-13 Parawi). Les émissions de la CBG contribueraient d'une façon plus importante en termes d'émission de SO₂. Cette contribution élevée s'explique principalement par l'emploi d'huile résiduelle (*Bunker C*) comme combustible pour la centrale électrique et pour les fours de séchage. Ce type d'huile contient une teneur plus élevée en soufre que l'huile diésel par exemple, généralement utilisée pour les engins mobiles.

La méthode d'échantillonnage utilisée ne permet pas de déterminer la variation des concentrations dans une période de temps précise. Par contre, selon la modélisation réalisée par *SENES Consultants*, il serait peu probable que les lignes directrices de l'OMS soient dépassées avec les opérations existantes, même avec des conditions météorologiques défavorables et sur de courtes périodes (ex : 24 h, 1h, 10 min).

L'extension de la production pourrait favoriser une augmentation considérable des concentrations des gaz dans l'air. Au vu de la modélisation de *SENES Consultants*, les expositions de courte durée pourraient atteindre occasionnellement des valeurs supérieures aux recommandations en vigueur, principalement pour la phase 27,5 Mtpa. Sur une période de courte durée, la population de la cité industrielle de Kamsar pourrait être exposée par moment à des concentrations de l'ordre de 0,25 à 34 ppm de SO₂ (10 min) et de 0,14 à 0,20 ppm de NO₂ (1 h) en cas de conditions météorologiques défavorables. Ces valeurs projetées dépasseraient alors jusqu'à 2 fois les lignes directrices de l'OMS. *SENES Consultants* mentionne que ces valeurs estimées sur une courte période (10 min, 1 h, 24 h)

représentent la concentration maximale unique pouvant être mesurée lors d'un événement pouvant survenir à tout moment sur une période de 5 ans d'évaluation. L'évaluation de *SENES Consultants* suggère cependant que les valeurs d'exposition maximales sur 24 heures et annuelle respecteraient les lignes directrices en vigueur.

À la zone minière, les analyses et évaluations réalisées par *SENES Consultants* ont démontré que les concentrations moyennes de longue durée (annuelle) étaient négligeables. Par contre, pour le NO₂ généré lors des tirs de mine, un dépassement peut être possible autant avec les opérations existantes que pour l'extension future. Afin de respecter les lignes directrices, une distance minimale variant entre 525 et 595 mètres devrait être respectée entre les opérations minières et les communautés.

Selon les études d'évaluation de l'exposition et des risques sur la santé de l'*U.S. EPA*, le risque que les concentrations de gaz que nous avons mesurées dans l'air ambiant puissent être associées à des affections respiratoires apparaît faible puisque le niveau d'exposition maximal de SO₂ estimé sur 1 heure se situerait aux environs du standard national de qualité d'air ambiant (*NAAQS*) de 0,075 ppm pour les habitations les plus près et diminuerait par la suite suivant la distance. Le risque pourrait s'accroître suivant l'extension de la production, principalement pour la phase 27,5 Mtpa où le niveau d'exposition maximal estimé sur 1 heure pourrait se situer entre 0,047 ppm (concentration maximale sur 24 heures) et 0,34 ppm (concentration maximale sur 10 minutes).

Les concentrations de NO₂ mesurées dans le cadre des opérations existantes rencontrent les critères de l'*OMS* et du *U.S. EPA* mais pourraient devenir plus élevées, dès la phase 18,5 Mtpa. Ceci s'ajoute aux impacts du dioxyde de soufre.

À la mine, la distance de sécurité de 500 mètres à respecter lors du dynamitage fait en sorte que la population ne serait pas exposée à des niveaux supérieurs au niveau le plus bas pour lequel des effets sur la santé peuvent être observables (*LOEL*) de 0,1 ppm. Par contre, les personnes vulnérables, tel que les asthmatiques, pourraient être affectées à partir de 0,05 ppm.

Pour les travailleurs de la CBG, leur exposition au NO₂ respecterait les valeurs recommandées par l'*ACGIH* pour une population de travailleurs et ce, peu importe la phase d'opération. Au niveau du SO₂, les modèles suggèrent des concentrations pouvant être supérieures. Ces résultats doivent être interprétés avec précaution puisque les émanations proviennent principalement des cheminées et sont difficilement exploitables pour estimer l'exposition des travailleurs à l'intérieur de la zone industrielle.

Un échantillonnage plus détaillé serait à envisager afin de bien documenter les émissions à plus long terme et leur variabilité dans le temps, particulièrement lors de conditions météorologiques défavorables. Un suivi en continu des concentrations permettrait à la *CBG* de mieux quantifier l'augmentation des risques causée par son projet d'extension de production. Il est alors recommandé

d'installer une station de mesures en continu des gaz (NO₂, SO₂) et une station météo au point d'échantillonnage AQ-2 afin de suivre de près les variations des concentrations de gaz dans le temps. Ce choix d'emplacement vient diminuer les effets des poussières soulevées sur la route puisque sa localisation est dans un quartier à circulation légère contrairement au point AQ-1 qui est localisé près de deux (2) artères importantes. Un plan de communication avec les communautés riveraines doit également être développé.

Selon les données recueillies lors du suivi en continu des concentrations, la CBG pourra prévoir la mise en place d'un plan de contingence en cas de dépassement des normes en vigueur tel que l'emploi d'une huile résiduelle à plus faible teneur en soufre, un plan d'avertissement de la population en cas de conditions défavorables (développement d'indice de qualité d'air à diffuser sur les ondes radiophoniques), ou l'emploi d'une technologie de réduction des émissions.

À la zone minière, un suivi d'échantillonnage périodique à l'aide d'échantillonneurs passifs est recommandé selon les différentes phases de l'exploitation afin de valider les modèles et de communiquer en toute transparence avec les communautés riveraines. L'indicateur retenu pour ce suivi est le dioxyde d'azote (NO₂). Il est également important d'informer les villageois en prévision des tirs de mine afin que les personnes vulnérables habitants dans un périmètre d'un (1) kilomètre (ex : bébé, personne âgée, personne asthmatique), puissent s'éloigner ou s'abriter à l'intérieur d'une maison pour les minutes suivant le tir. Ceci serait facilité dans le cas où les tirs de mine s'effectueraient à heure fixe.

Enfin, une évaluation d'exposition spécifique des travailleurs est recommandée afin de mieux documenter l'exposition de ce groupe.

6.2 Matières particulaires

Les résultats obtenus à Kamsar ont été comparés à des résultats obtenus dans la zone minière là où aucune exploitation n'est à proximité (ex : Kourawel, Parawi). Selon les résultats de l'analyse des échantillons, il ressort que les valeurs moyennes obtenues sont supérieures aux seuils recommandés par l'OMS. Par contre, fait surprenant est que les concentrations obtenues dans la zone minière s'apparentent aux concentrations de poussières mesurées à Kamsar. Il est donc difficile d'interpréter que les opérations de la CBG, à Kamsar, influencent considérablement les concentrations totales de matières particulaires en suspension. Il est clair que des sources supplémentaires d'émission étaient présentes lors de l'échantillonnage.

Le fait intéressant à noter est que le pourcentage d'aluminium dans les poussières totales captées à Kamsar était d'environ 2 %. Bien que dans la zone minière, on retrouve tout de même de l'aluminium dans les poussières prélevées dans des zones non exploitées (moyenne de 0,95% pour les points d'échantillonnage éloignés), en prenant l'hypothèse qu'à Kamsar on ne devrait pas retrouver d'aluminium dans les poussières en suspension (en l'absence de la CBG) et que le pourcentage

d'aluminium est d'au moins 48 % dans la bauxite traitée à l'usine et expédiée, nous pouvons estimer qu'un pourcentage faible de poussières captées lors de l'échantillonnage à Kamsar proviendrait des opérations de production de la CBG (contribution estimée à environ 4%).

Cette contribution augmenterait légèrement par l'émission de carbone élémentaire produit principalement lors de la combustion du carburant à l'unité de séchage, à la centrale thermique et dans le cadre de l'utilisation d'engins mobiles.

Dans une étude réalisée par l'*Institut de gestion environnementale de Bruxelles*, il a été démontré une forte corrélation entre les concentrations de NO₂ et la présence de carbone élémentaire dans l'air urbain. Des résultats obtenus dans le rapport d'évaluation de la qualité d'air de la ville de New-York démontrent que le carbone élémentaire équivaut à environ 4,6% de la concentration de NO₂. En tenant compte du fait que la CBG contribue pour 80 % du NO₂ mesuré, nous pouvons donc tenter d'estimer la concentration de carbone élémentaire à environ 0,0001 mg/m³ pour 0,0022 ppm de NO₂. Selon la corrélation modérée entre les PM₁₀ et le carbone élémentaire ($Y = 0,0776 * X$) et le fait que les PM_{2.5} représentent environ 60 % du poids des PM₁₀, il apparaît que la contribution de PM_{2.5} générées par la combustion de carburant serait négligeable (0,0008 mg/m³). La contribution totale de la CBG pour les PM_{2.5} mesurées serait donc d'environ 0,0036 mg/m³ et environ 0,0055 mg/m³ pour les PM₁₀, soit respectivement 36 % et 28 % des lignes directrices émises par l'OMS pour une exposition annuelle.

Tableau 9 Estimation de la contribution de la CBG aux émissions mesurées aux stations d'échantillonnage de Kamsar

Type d'émission	Concentration estimée (mg/m ³)
PM (Bauxite)	0,0066
PM ₁₀ (Bauxite)	0,0047
PM _{2.5} (Bauxite)	0,0028
Aluminium (Bauxite)	0,0031
Quartz (Bauxite)	< 0,00007 – 0,0002
PM _{2.5} – Carburant fossile	0,0008
Carbone élémentaire	0,0001
NO ₂	0,0022 (ppm)
SO ₂	0,0017 (ppm)

La balance des matières particulaires mesurées lors de l'échantillonnage proviendrait des feux de cuisson, brûlage d'ordures, et par le soulèvement de la poussière sur les terrains défrichés ou les piste non asphaltées, dû au vent ou la circulation d'engins mobiles. La période d'échantillonnage correspond également à l'*Harmattan*. L'*Harmattan* est un vent très chaud, très sec et poussiéreux (alizé continental) d'Afrique de l'Ouest qui souffle vers le sud en provenance du Sahara et affecte le

golfe de Guinée en hiver, entre la fin novembre et le milieu du mois de mars. Ce vent est chargé de poussières et de sables (fines particules de 0,05 à 1 µm).

Les études de modélisation de *SENES Consultants* viennent corroborer cette précédente analyse avec une concentration moyenne annuelle projetée de PM_{2,5} estimée de 0,018 à 0,023 mg/m³ et de 0,034 à 0,044 mg/m³ pour les PM₁₀ aux habitations les plus près. Notons que la modélisation de *SENES Consultants* ne tient compte que des émissions provenant de la CBG. Sur des périodes de plus courte durée, la concentration maximale sur 24 heures estimée par la modélisation varie de 0,120 à 0,122 mg/m³ pour les PM_{2,5} et de 0,243 à 0,246 mg/m³ pour les PM₁₀. Comme pour les gaz, *SENES Consultants* mentionne que ces valeurs, estimées sur une courte période (10 min, 1 h, 24 h), représentent la concentration maximale unique pouvant être mesurée lors d'un évènement pouvant survenir à tout moment sur une période de 5 ans d'évaluation.

Contrairement aux gaz de combustion, le projet d'extension de la production de la CBG ne devrait pas augmenter les concentrations de particules dans l'air. L'usine opère depuis maintenant 1973 avec un procédé et des équipements d'une ancienne technologie. La nouvelle station de culbutage des wagons sera souterraine plutôt qu'aérienne et nécessitera moins de manipulation. Cela minimisera le transport des poussières dans l'air. Cette station sera également équipée d'un système de suppression des poussières de dernière technologie. Contrairement aux convoyeurs actuels, les nouveaux convoyeurs seront fermés et à chaque point de chute ou de transfert, un mécanisme de suppression ou de captation des poussières sera installé. Enfin, les nouveaux fours seront également reliés à un système de lavage.

Bien que la modélisation réalisée par *SENES Consultants* prévoit des dépassements possibles des lignes directrices pour les opérations existantes et pour des évènements de courte période, considérant les résultats obtenus lors de l'étude de base et des études de modélisation, il est estimé que les critères seront respectés dès le passage à la phase de production 18,5 Mtpa et ce, pour toutes les phases suivantes.

Les opérations minières sont également source d'émission de matières particulaires à ne pas négliger. Dans le cadre des opérations existantes, il est démontré que les concentrations projetées par *SENES Consultants* respectent les lignes directrices en vigueur pour les villages les plus près tels que Hamdallaye (AQ-10), Petoun Boundou Wande (AQ-12) ou Pora (SR-58). Au niveau de la modélisation, l'estimation pour les différentes phases d'exploitation a été réalisée en fonction des secteurs impactés par les opérations minières à ce moment. Il est noté que deux (2) points sensibles semblent impactés par l'augmentation prévue de production. La population d'Hamdallaye, village localisé à proximité de la future station de stockage, pourrait être exposée à une concentration moyenne annuelle de PM₁₀ supérieures lignes directrices dès la phase 18,5 Mtpa (0,084 mg/m³). Un deuxième point est notifié au niveau du Carrefour Parawol (SR59) où la concentration moyenne annuelle pourrait atteindre 0,081 mg/m³ durant la phase 18,5 Mtpa.

Pour évaluer les effets sur la qualité de l'air pour les événements de courte durée, *SENES Consultants* a plutôt travaillé avec des cas génériques puisque les sources sont ponctuelles (dynamitage) ou mobiles (engins). En partant de ces cas, ils ont estimé une concentration maximale puis calculé une distance de recul minimal à respecter pour être à une concentration inférieure aux lignes directrices. Alors que pour les $PM_{2.5}$, aucun dépassement n'est prévu, pour ce qui est des engins miniers circulant sur les routes, les critères de PM_{10} sont respectés seulement lorsque situé à une distance d'au moins 130 à 220 mètres de la route, selon le scénario.

Cette interprétation est fonction des résultats obtenus dans les conditions associées à la période d'échantillonnage, c'est-à-dire durant la saison sèche. Les campagnes additionnelles d'échantillonnage permettront de bien documenter les concentrations de matières particulaires dans d'autres périodes de l'année telle que durant la saison des pluies. En effectuant une campagne immédiatement à la fin de la saison des pluies (novembre), nous pourrions mieux comprendre les effets de l'*Harmattan* et des feux de brousse sur les concentrations de particules totales en suspension dans l'air mesurées et ainsi obtenir un résultat plus représentatif de la pollution urbaine mélangée aux émissions industrielles.

6.3 Bruit environnemental

En observant les résultats obtenus pour la région de Kamsar, nous constatons que les niveaux sonores, aux limites de la zone industrielle, sont tous à un niveau inférieur au seuil de 80 dBA (LAeq, 24 h) établi afin de prévenir toute baisse de capacité auditive. Les résultats projetés par *SENES Consultants* démontrent un niveau sonore de base, avec les opérations existantes, oscillant entre 46 et 55 dBA (LAeq, 24 heures). Ceci est légèrement supérieur aux valeurs-guides de l'*OMS* pour les conditions de nuit, mais en-deçà des recommandations de l'*US EPA* puisque ces résultats sont projetés en conditions « extérieures ». Nous estimons qu'à l'intérieur des bâtiments, les niveaux sonores sont inférieurs à 45 dBA. Les bâtiments à proximité de la zone industrielle, et à l'intérieur de l'isoligne de 45 dBA sont construits en béton et sont munis de fenêtres et de portes étanches. Selon la littérature et les études disponibles, ces niveaux seraient acceptables et ne seraient donc pas considérés comme une nuisance pour les activités humaines tel que les conversations, le repos, le sommeil, etc.

L'*IFC* recommande, lorsque le bruit de fond est supérieur aux valeurs-guides, d'employer un taux d'augmentation maximal de 3 dBA, considéré comme à peine perceptible par l'oreille humaine. L'augmentation de production de la *CBG* à Kamsar, selon les modèles de *SENES Consultants*, induirait une augmentation maximale de 1 dBA lors de la phase 18.5 MTPA, 2 dBA pour la phase 22.5 MTPA, puis 3 dBA pour la phase 27.5 MTPA. Cet accroissement projeté des niveaux sonores est donc considéré marginal en termes de perception.

L'analyse est plus complexe au niveau de la zone minière puisqu'à plusieurs endroits, le bruit de fond est très faible. Nous avons mesuré des niveaux sonores moyens aussi bas que 31 dBA, en conditions nocturnes, à certains endroits éloignés (Tiewere). À l'opposé, près de villages plus importants, les niveaux sonores étaient même parfois supérieurs à 45 dBA (Hamdallay, Kagnaka, Hore Lafou), mais toujours bien en deçà des 80 dBA (LAeq, 24h), seuil à partir duquel une baisse de la faculté auditive peut être observée, ou 65 dBA souvent employé comme valeur-guide par les organismes américains.

Aucun niveau sonore n'a été enregistré, ou estimé à un seuil supérieur à 55 dBA (extérieur) durant la nuit. Par contre, dans la zone minière, les maisons ne sont pas toutes construites ou protégées comme dans la cité de Kamsar. L'atténuation des niveaux sonores est donc plus faible et les occupants, plus exposés aux conditions extérieures. Les populations des villages d'Hamdallaye, Kagnaka, et d'Hore Lafou sont donc plus susceptibles de subir les effets secondaires induits par des niveaux sonores plus élevés particulièrement durant la nuit. Contrairement à la cité industrielle de Kamsar, les impacts potentiels causés par une possible augmentation du bruit demeurent temporaires, sur une période bien déterminée par le Plan minier de la CBG. Une fois le plateau exploité, le site est réhabilité, puis laissé vacant.

Selon l'analyse précédente, nous devons donc considérer les opérations minières de la CBG avec une grande importance vis-à-vis l'impact d'une possible augmentation des niveaux sonores. La modélisation réalisée par *SENES Consultants* démontre que plusieurs secteurs sont considérés à risque et que des mesures d'atténuation seront nécessaires afin d'assurer les opérations en minimisant les mécontentements de la population des communautés riveraines. Le plan de gestion environnemental de la CBG devrait adopter un critère d'augmentation du bruit de fond d'un maximum de 3 dBA pour l'évaluation des distances d'approche et l'application de moyens d'atténuation. Le respect de ce critère rendrait marginal la perception du bruit généré par les opérations envers les communautés riveraines, minimiserait l'accroissement des niveaux sonores déjà élevés à certains endroits et réduirait au minimum le nombre de plaintes reliées à l'environnement sonore.

6.4 Qualité d'eau

Les résultats d'analyse obtenus en rapport avec les échantillons prélevés lors de la mise à jour des paramètres de base ne semblent pas présenter de danger pour la santé des populations au sein des communautés riveraines.

Les concentrations de métaux dans l'eau constituent les principaux paramètres à valider. Les différentes concentrations mesurées dans les échantillons sont en-deçà des lignes directrices de l'OMS pour l'eau potable. Bien que l'eau de mer soit considérée non potable de par ses propriétés, nous constatons une concentration élevée d'aluminium autant au niveau de la rivière Dougoufissa (K-05), où la CBG n'a aucun impact, qu'au large du quai minéralier (K-01). Ces deux(2) échantillons ont démontré des concentrations variant entre 1 200 et 1 700 µg/l alors que la recommandation de l'OMS

est de 900 µg/l. Ces concentrations sont supérieures à ce que nous devrions retrouver normalement dans l'eau de surface.

La concentration de zinc est élevée dans deux(2) échantillons mais n'est pas supérieure au seuil de 3 000 µg/l suggéré par l'OMS. Les autres éléments ont été retrouvés en concentration normale pour une eau de mer.

La totalité des échantillons prélevés dans les eaux de surface du réseau de cours d'eau de Sangarédi ont démontré des concentrations respectant les critères de l'OMS pour tous les éléments (métaux).

Il a été noté un pH inférieur à ce qui est suggéré pour l'eau potable pour les eaux douces (variant entre 6,2 et 6,7), un pH neutre pour l'eau souterraine, et un pH variant entre 7,8 et 7,9 pour les eaux marines. Bien que ce pH ne soit pas considéré comme un risque à la santé humaine en lui-même, un pH variant entre 6 et 8 minimise les risques de retrouver des composantes d'aluminium organique ou inorganique dissoutes dans l'eau (Gardner et al, 2002). À un pH supérieur à 6, l'aluminium est principalement sous forme de particule, beaucoup moins toxique que les formes dissoutes.

Pour ce qui est des deux(2) échantillons provenant de puits, les résultats d'analyse démontrent encore un respect des lignes directrices de l'OMS. L'analyse de l'eau des puits doit toutefois être élargie à une plus grande quantité d'échantillons afin de conclure en l'absence de risque à la santé pour les populations environnantes.

Selon ces résultats, il paraît nécessaire que le PGES de la CBG inclut la création d'un plan de gestion des eaux et la continuité des évaluations et de suivi au niveau de la qualité des eaux de surface et souterraine (plan d'échantillonnage) puisque certains résultats sont supérieurs aux paramètres de contrôle émis par l'Union Européenne. Par contre, nous ne concluons pas à un risque à la santé puisque les résultats d'analyse démontrent que les concentrations des éléments pouvant induire un problème à la santé humaine sont en-deçà des lignes directrices de l'OMS dans les eaux destinées à la consommation humaine. Le suivi permettra de bien analyser les impacts à moyen terme de l'extension de production de la CBG.

6.5 Maladies transmissibles

Actuellement, à Sangarédi et Kamsar, le personnel de la CBG et ses ayants-droit disposent d'une prise en charge en cas de séropositivité. Le centre de santé CBG est équipé pour prendre en charge le dépistage ou le traitement de la maladie (kits de dépistage, ARV).

Avec la mise en œuvre du projet d'extension, Kamsar et Sangarédi deviendront des pôles d'attraction encore plus importants pour les personnes en recherche d'emploi et le risque de transmission du VIH/SIDA augmentera. La CBG devra s'engager dans le cadre de son projet et de ses opérations à développer une stratégie de prévention du VIH/SIDA en axant ses efforts sur la sensibilisation de la population.

Les opérations de la CBG n'ont pas d'impact sur le nombre de cas de personnes contractant le paludisme. L'augmentation de production des opérations n'aura donc pas d'effet négatif sur la transmission de cette maladie.

7 CONCLUSION

Cette étude d'évaluation des risques à la santé envers les émissions générées par la CBG a permis d'identifier, de mettre en relation les différentes émissions provenant de la CBG et d'évaluer leurs impacts sur la santé environnementale. Nous avons pu établir les données de base, préciser la contribution réelle de la CBG sur les résultats obtenus et évaluer les risques à la santé pour les populations environnantes. L'étude démontre notamment que les craintes d'une association entre la pollution générée par CBG et des effets graves sur la santé n'étaient pas fondées.

La qualité de l'air dans la région de Kamsar est considérée détériorée dus particulièrement à la quantité élevée de matières particulaires dans l'air. L'addition des gaz de combustion contribue peu à cette dégradation. L'augmentation des niveaux sonores dans la zone de Sangarédi risque de faire augmenter le nombre de plaintes relié à l'inconfort et au mécontentement. La qualité de l'eau, bien qu'elle respecte les critères émis par l'OMS, doit faire l'objet d'un suivi dans le temps afin de valider les effets de l'augmentation de production dans les différentes zones impactées par la CBG. Enfin, l'afflux de nouveaux travailleurs nationaux et étrangers doit être géré avec précaution dû au risque élevé de propagation du VIH/SIDA au sein d'une population déjà vulnérable.

De par son engagement envers les communautés, la CBG doit agir en leader. Cette étude doit permettre à ses équipes d'informer en toute transparence les communautés riveraines et de mettre en place des moyens pour atténuer et contrôler la situation dans le cadre des opérations existantes et de l'extension de production.

ANNEXE I

FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ DE LA BAUXITE EXPÉDIÉE

ANNEXE II

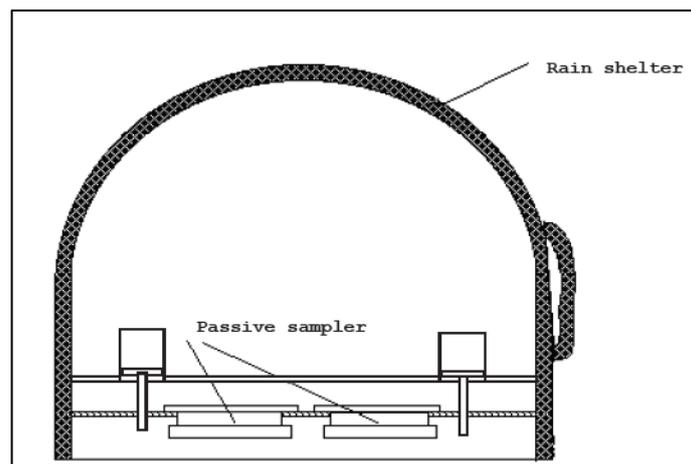
PROCÉDURE D'ÉCHANTILLONNAGE DES GAZ

Principe d'opération :

Un échantillonneur passif est un instrument capable de prélever un échantillon de gaz ou de vapeur dans l'air ambiant à un rythme (débit) contrôlé par un procédé physique comme la diffusion au travers d'une membrane. Ce procédé ne nécessite pas de mouvement d'air actif au travers de l'échantillonneur. L'échantillonneur *PASS* a été développé par *Maxxam* avec le support de : *Alberta Environment Protection (AEP)*, *Alberta Research concil (ARC)*, *Clean Air Strategic Alliance of Alberta (CASA)* et le *National Research Concil of Canada (NRC)*.

Matériel nécessaire pour chaque point d'échantillonnage :

- 2 couvercles de protection contre les intempéries ;
- 2 échantillonneurs passif – SO₂ ;
- 2 échantillonneurs passif – NO₂ ;
- 2 échantillonneurs passif – NO_x ;
- 2 courroies d'attaches ;
- Gants de laboratoire (nitrile ou latex).



Source : Maxxam

Figure 1 : Vue en coupe du couvercle de protection

Installation :

Chaque couvercle de protection abritera un échantillonneur passif (1) NO_x, un (1) SO₂ et un (1) NO₂. Pour chaque point d'échantillonnage, deux (2) trains doivent être installés en parallèle. Pour installer les dispositifs, procédez comme suit :

1. Trouver un endroit adéquat pour installer les couvercles en toute sécurité :
 - 1.1. Le dessous du couvercle doit pointer vers le sol. La base du couvercle doit être positionnée de 1 à 3 mètres au-dessus de la surface du sol.

- 1.2. Le point d'échantillonnage doit être à au moins 10 mètres d'une voie de circulation de toutes voies de circulation.
- 1.3. Le point d'échantillonnage doit être situé à une bonne distance des bâtiments ou tout autre obstacle. Nous devons sélectionner un point à au moins 20 mètres des arbres les plus près.



Source : Maxxam

Figure 2 : Installation du couvercle

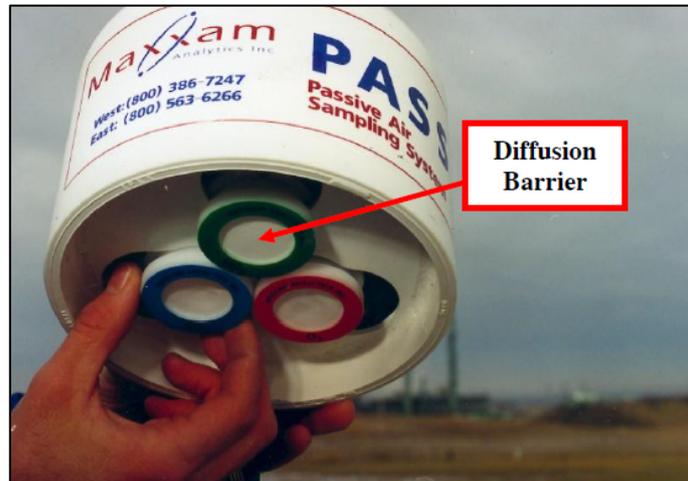
2. En utilisant des gants de protection, retirer un échantillonneur de son boîtier et de son sac de plastique réutilisable. Ranger le sac de plastique dans le contenant afin de le réutiliser plus tard. Lors de la manipulation des échantillonneurs :
 - 2.1. Ne pas toucher la barrière de diffusion (la partie blanche au centre) et ne pas poser cette partie sur aucune surface.



Source : Maxxam

Figure 3: Installation des échantillonneurs passifs

3. Retirer le couvercle de l'échantillonneur et le placer également dans le contenant d'origine pour utilisation future.
4. Tenir l'échantillonneur face vers le bas (face colorée), pousser l'un des trois boutons blancs au-dessous du couvercle et glisser l'échantillonneur vers le centre du couvercle. Vous assurez que le bouton est retombé après que l'échantillonneur ait été glissé vers le centre (dispositif de protection).



Source : Maxxam

Figure 4: Installation des échantillonneurs passifs

5. Inscrire la date et l'heure de l'installation des échantillonneurs.
6. Répéter les étapes précédentes pour l'installation des autres échantillonneurs.

Enlèvement des échantillonneurs :

1. Inscrire la date et l'heure de fin d'exposition des échantillonneurs. La durée d'exposition doit être d'au moins 30 jours (720 heures).
2. Avec des gants de protection, prendre l'échantillonneur sur le côté et le glisser vers l'extérieur pour le retirer.
3. Trouver le contenant initial de l'échantillonneur. Remettre le couvercle de plastique, le replacer dans le sac de plastique, puis dans son boîtier. Refermer le boîtier.
4. Remplir les formulaires de demande d'analyse et transmettre les échantillons au laboratoire aussitôt que possible.

Fin de la procédure

ANNEXE III

PROCÉDURE D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ANALYSE DES MATIÈRES PARTICULAIRES

Liste de matériel par station :

- 1 Trépied métallique
- 3 Bras de support horizontaux (aluminium)
- 3 Attaches métalliques (aluminium)
- 1 Manomètre de calibration
- 1 Tube bleu
- 1 Adaptateur de calibration + filtre de calibration
- 3 MiniVol
- 3 Assemblages d'échantillonnage (TSP, PM₁₀, PM_{2.5})
- 3 Batteries lithium
- 3 Filtres pré-pesés & supports (préparés par le laboratoire)
- Gants en nitrile ou latex sans poudre

- 1. Sur le lieu d'échantillonnage, installer 3 MiniVol côte-à-côte sur une surface plane (à l'ombre).**
- 2. Préparer le manomètre calibreur (Figure 1):**
 - a. Appuyer sur « ON|OFF » pour le mettre en fonction.
 - b. Avant de retirer les bouchons de caoutchouc, appuyer sur « ZERO » durant 2 sec puis relâcher afin d'effectuer une remise à zéro de l'appareil.
 - c. Retirer les 2 bouchons de caoutchouc.
 - d. Connecter le tube bleu à l'orifice « Négatif » et laisser l'autre orifice libre.
- 3. Préparer l'adaptateur de calibration.**
 - a. Enlever le chapeau du train d'échantillonnage à calibrer et le remplacer par l'adaptateur de calibration bleu (muni d'un chapeau).
 - b. Placer le filtre de calibration à l'intérieur du train d'échantillonnage.
 - c. Connecter le tube bleu à l'orifice de l'adaptateur de calibration.



Source : S. Dallaire – CBG 2014.

Figure 1 Installation du kit de calibration sur un train d'échantillonnage PM₁₀ ou TSP

4. Calibration initiale

- a. Enlever le bouchon de caoutchouc noir du tube du MiniVol.
- b. Desserrer l'anneau de serrage au bas du tube.
- c. Tirer le tube vers le haut, jusqu'à la butée.
- d. Resserrer l'anneau de serrage.
- e. Installer le kit de calibration sur le MiniVol avec le train correspondant à l'échantillonnage en cours (TSP, PM₁₀, ou PM_{2.5}) en utilisant un filtre spécifique pour la calibration.
- f. Installer une batterie pleine charge et s'assurer que le compteur soit allumé.
- g. Démarrer le MiniVol en appuyant à 2 reprises sur « ON/AUTO/OFF » afin de le mettre en fonction en mode manuel.
- h. Ajuster la vis d'ajustement de débit afin d'obtenir une pression d'environ 1,92 INWC (environ 5 LPM).
- i. Laisser fonctionner l'appareil 3-5 minutes, jusqu'à ce que la valeur lue par le manomètre soit stabilisée.
- j. Noter la valeur lue sur le manomètre et l'heure de calibration.
- k. Appuyer sur « ON/AUTO/OFF » à 2 reprises afin de mettre le MiniVol à l'arrêt.
- l. Retirer l'adaptateur de calibration.
- m. Refaire les étapes précédentes pour les 2 autres MiniVol.

5. Préparation du MiniVol pour l'échantillonnage

- a. Mettre des gants de laboratoire.
- b. Installer un train d'échantillonnage (TSP, PM₁₀, ou PM_{2.5}) :
 - i. TSP : Assemblage simple sans impacteur;
 - ii. PM₁₀ : Assemblage simple contenant un impacteur de couleur argent;

- iii. PM_{2.5} : Assemblage simple contenant un impacteur de couleur argent (haut) suivi d'un adaptateur (rallonge) contenant l'impacteur de couleur or (bas).
- c. Dévisser la base du train d'échantillonnage.
- d. Installer un support muni d'un filtre, face vers le haut :
 - i. Inscrire le numéro de filtre associé à l'instrument (No. Série) et au type d'assemblage (TSP, PM₁₀, ou PM_{2.5}) dans les colonnes respectives du calepin de note.
- e. Revisser la base du train d'échantillonnage.
- f. Lire le compteur et noter la valeur dans la colonne respective.
- g. Desserrer la vis de sureté.
- h. Fermer le couvercle du MiniVol.
- i. Transporter et installer le MiniVol sur son support au lieu d'échantillonnage.
- j. Rouvrir le couvercle et visser la vis de sureté afin de bien fixer le Minivol au support.
- k. Recommencer les étapes précédentes pour les 2 autres appareils.



Source : S. Dallaire – CBG 2014.

Figure 2 Installation des MiniVol sur le trépied

6. Programmation de l'échantillonnage

- a. Régler l'heure de la minuterie :
 - i. Appuyer sur « CLOCK » puis « MIN » pour régler les minutes.
 - ii. Appuyer sur « CLOCK » puis « HOUR » pour régler l'heure.
 - iii. Appuyer sur « CLOCK » puis « WEEK » pour régler le jour.

- b. Programmer le démarrage automatique :
 - i. Appuyer sur « PROG » une fois jusqu'à ce que « 1^{ON} » apparaisse.
 - ii. Régler l'heure et le jour de démarrage de l'appareil en appuyant sur HOUR, MIN et WEEK. Ceci règle le démarrage de l'appareil. **N.B. Faire attention de bien sélectionner AM ou PM (AM : 0h00 – 11h59 / PM : 12h00 – 23h59).**
- c. Programmer l'arrêt automatique :
 - i. Appuyer sur « PROG » une fois jusqu'à ce que « 1^{OFF} » apparaisse.
 - ii. Régler l'heure et le jour d'arrêt de l'appareil en appuyant sur HOUR, MIN et WEEK. Ceci règle le démarrage de l'appareil.
 - iii. L'heure doit être identique à l'heure de démarrage et le jour réglé au lendemain pour assurer une période d'échantillonnage de 24 heures.
- d. Lorsque la programmation est complétée, appuyer sur CLOCK pour revenir à l'écran initial (heure actuelle). Vous pouvez valider la programmation en appuyant successivement sur PROG.
- e. Noter l'heure de début d'échantillonnage programmée et le compteur dans les colonnes respectives.
- f. **Appuyer sur « ON/AUTO/OFF » pour que la ligne s'affiche au-dessus d'AUTO.**
- g. Fermer le boîtier.
- h. Après 24 heures de fonctionnement, ouvrir le boîtier et noter la valeur lue au compteur pour s'assurer que l'appareil a bien fonctionné durant le temps requis (24 heures).
- i. Retirer les appareils des supports et les rapporter sur une surface de travail (à l'ombre).
- j. Dévisser la base de l'assemblage.
- k. Retirer le support muni d'un filtre et le remettre dans le bon contenant (No. Filtre) :
 - i. Placer le contenant dans un sac hermétique individuel identifié.
- l. Revisser l'assemblage et le retirer.
- m. Répéter les étapes précédentes pour les 2 autres MiniVol.

7. Calibration finale:

- a. Installer le kit de calibration à l'appareil (étapes 2 et 3).
- b. Démarrer le MiniVol en appuyant sur « ON/AUTO/OFF » afin de le mettre en fonction en mode manuel.
- c. Laisser fonctionner l'appareil 3 à 5 minutes, jusqu'à ce que la valeur lue par le manomètre soit stabilisée.
- d. Noter la valeur lue sur le manomètre et l'heure de calibration.
- e. Appuyer sur « ON/AUTO/OFF » afin de mettre le MiniVol à l'arrêt.
- f. Retirer l'adaptateur de calibration.
- g. Retirer la batterie.
- h. Ranger l'appareil dans la caisse de transport.

8. Analyse:

- a. Les filtres sont envoyés à un laboratoire accrédité pour analyse gravimétrique et de métaux (au besoin).
- b. Joindre un filtre témoin par journée d'échantillonnage.
- c. Méthodes d'analyse :
 - i. TSP, PM₁₀, PM_{2.5} : US EPA IO-3.1 (gravimétrie) ;
 - ii. Métaux : US EPA IO-3.5 (ICP/MS).

Fin de la procédure

Bibliographie

1. ACGIH. (2014). *2014 TLVs and BEIs*. American conference of governmental industrial hygienists, USA.
2. ACGIH. (2012). *Nitrogen Dioxide . Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices*. American conference of governmental industrial hygienists, USA.
3. Brussels Environment. (2010). *Black Carbon, PM10 Mass Concentration, Nitrogen Monoxide, Nitrogen Oxides and Particulate Number Concentration at the Woluwe Traffic Site – Preliminary report*. Brussels Institute for the Management of the Environment, Brussels.
4. C. Arden Pope III. (1998). *Epidemiology investigations of the health effects of particulate air pollution: strengths and limitations*. Applied Occupational and Environmental Hygiene, 13:6, 356-363. DOI: 10.1080/1047322X.1998.10389559.
5. CSST. (2014). *Répertoire toxicologique, Dioxyde d'azote*. Commission de la santé et de la sécurité du travail, Québec (Canada). Site consulté en Novembre 2014.
http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=12328&no_seq=3
6. David R. Wheeler , Uwe Deichmann , Kiran D. Pandey and Kirk E. Hamilton. (2006). *Air pollution in world cities (PM₁₀ concentrations)*. The World Bank Development Economics Research Group, USA.
Site consulté en août 2014.
<http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/0,,contMDK:20785646~pagePK:64214825~piPK:64214943~theSitePK:469382,00.html>
7. Ecoserv. (2006). *Emissions testing report*. Compagnie des Bauxites de Guinée, Guinée.
8. EEM. (2014). *CBG 27.5 MTPA Expansion project - Environmental and Social Impact Assessment*. EEM Inc., Canada.
9. EU. (1998). *Directive 98/83/ce du conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine*. Journal officiel des Communautés européennes,
10. IFC. (2007). *Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (EHS) - Directives EHS générales*. International Finance Corporation, World Bank Group, USA.
11. Jeremy R. Beach, Nicholas H. de Klerk, Lin Fritschi et Al. (2001) *Respiratory symptoms and lung function in bauxite miners*. Int Arch Ocup Environ Health (2001) 74: 489-494.

12. Jonathan M. Samet, Scott L. Zeger, Julia E. Kelsall, Jung Xu. (1998). *Particulate air pollution and mortality: The particle epidemiology evaluation project*. Applied Occupational and Environmental Hygiene, 13:6, 364-369, DOI 10.1080/1047322X.1998.10389560.
13. MineSight. (2014). *Long Term Mine Plan (2014 – 2042)*. Compagnie des Bauxites de Guinée, République de Guinée.
14. NAC. (2008). *Acute exposure guideline levels (AEGs) for nitrogen dioxide*. National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances, USA.
15. NAC. (2008). *Sulfur dioxide – Final acute exposure guideline levels (AEGs)*. National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances, USA.
16. New York City. (2011). *The New York City Community Air Survey, Results from Year One Monitoring 2008–2009*. New York City Department of health and mental hygiene, USA.
17. Nicole AH Janssen, Miriam E Gerlofs-Nijland, Timo Lanki, et Al. (2012). *Health effects of black carbon*. World Health Organization, Denmark.
18. Occupational Health Clinics for Ontario Workers. (2013). 2013 Notice of proposal to adopt new or revised occupational exposure limits or listings for hazardous chemical substances. Occupational Health Clinics for Ontario Workers, Canada.
19. Drytech international. (2011). *Site inspection and plant evaluation of CBG*. Compagnie des Bauxites de Guinée, Guinea.
20. Robert D. Brook, Robert L. Bard, Masako Morishita et Al. (2014). *Hemodynamic, Autonomic, and vascular effects of exposure to coarse particulate matter air pollution from rural location*. National institute of environmental health sciences, USA.
21. Robert M. Eninger & Frank S. Rosenthal. (2004). *Heart Rate Variability and Particulate Exposure in Vehicle Maintenance Workers: A Pilot Study*, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1:8, 493-499, DOI: 10.1080/15459620490468223.
22. Takashi Yorifuji, Etsuji Susuki, Saori Kashima. (2014). *Outdoor air pollution and out-of-hospital cardiac arrest in Okayama, Japan*. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, October 2014, Volume 56, Issue 10, 1019-1023.
23. U.S. Department of health and human services. (1998). *Toxicological profile for sulfur dioxide*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA.
24. U.S. EPA. (2009). *Integrated science assessment for particulate matter*. National Center for Environmental Assessment-RTP, Division Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC

25. U.S. EPA. (2008). Risk and exposure assessment to support the review of the NO₂ primary national ambient air quality standard. U.S. Environmental protection agency, USA. Site consulté en septembre 2014.
http://www.epa.gov/ttn/naaqs/standards/nox/data/20081121_NO2_REA_final.pdf
26. U.S. EPA. (2009). Risk and exposure assessment to support the review of the SO₂ primary national ambient air quality standard. U.S. Environmental protection agency, USA. Site consulté en septembre 2014.
<http://www.epa.gov/ttn/naaqs/standards/so2/data/200908SO2REAFinalReport.pdf>
27. WHO.(2014) *Guinea Health Profile*. Global Malaria Program, World Health Organization, Geneva.
28. WHO. *Insecticide-treated mosquito nets: A WHO Position Statement*. Global Malaria Program, World Health Organization, Geneva.
29. WHO (2001). *Preventing disease through healthy environments - Exposure to air pollution: A major public health concern*. World health organization, Genève.