



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2017-2018

N° D'ORDRE : 034

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0413001924

MASTER

SCIENCES DE LA TERRE

Option : Mines et Energies

THEME :

**Caractérisation et traitement des boues de lavage dans
une mine à partir d'un système de lagunage : cas de la
mine de manganèse de Lauzoua (Sud de la Côte
d'Ivoire)**

LABORATOIRE :

SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DE
L'ENVIRONNEMENT

Présenté par :

BAFFO Kouamé Dit Aka Xavier

JURY

**Président : M. Barima Yao Sadaïou Sabas, Maître de conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. Konan-Waidhet Arthur Brice, Maître de conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Encadreur : M. N'dri Brou Etienne, Maître-Assitant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. Kouassi Kouakou Hervé, Maître-Assitant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Soutenu publiquement
le : 27 Juillet 2019

TABLE DES MATIERES	page
TABLE DES MATIERES	ii
DEDICACE.....	iv
REMERCIEMENTS	v
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES ANNEXES	ix
INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : GENERALITES.....	4
I. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE	5
I.1. CADRE GEOGRAPHIQUE.....	5
I.2. CADRE GEOLOGIQUE.....	5
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL : LA MINE DE MANGANESE DE LAUZOUA	7
II.1. ORGANISATION DE LA STRUCTURE.....	7
II.2. ORGANIGRAMME DE L’ENTREPRISE.....	7
II.3. ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION TECHNIQUE ET LEUR ROLE.....	8
III. CARACTERISTIQUES DES BOUES DE LAVAGE ET DU LAGUNAGE	10
III.1. BOUES DE LAVAGE.....	10
III.1.1. Définition	10
III.1.2. Localisation et origine des boues de lavage	10
III.1.3. Paramètres physico-chimiques de la boue	10
III.1.4. Effets du manganèse sur la santé.....	11
III.2. LAGUNAGE.....	11
III.2.1. Définition	11
III.2.2. Types de lagunage.....	11
III.2.2.1. Lagunage naturel ou à microphytes	11
III.2.2.2. Lagunage à macrophytes	12
III.2.2.3. Lagunage composite.....	13
III.2.2.4. Lagunage aéré	13
III.2.3. Importance du lagunage	13
III.2.4. Inconvénients du lagunage	14
PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES	15
I. MATERIEL	16

I.1. MATERIEL DE TRAVAIL	16
I.2. MATERIEL DE TRAITEMENT DES DONNEES	18
II. METHODOLOGIE	18
II.1. ECHANTILLONNAGE	18
II.2. ACCUMULATION DES BOUES	18
II.2.1. Mesure de l'épaisseur	18
II.2.2. Distribution de l'accumulation de boue.....	19
II.3. CARACTERISATION DE LA BOUE	19
II.4. TEMPS DE SEJOUR DES BOUES DANS LES BASSINS	20
II.5. DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET TECHNIQUE DE MESURE D'ÉPAISSEUR..	20
PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	24
I. RESULTATS	25
I.1. ACCUMULATION DE BOUE	25
I.1.1. Evaluation de l'épaisseur de la boue.....	25
I.1.2. Distribution spatiale de la boue.....	25
I.1.3. Volume de boues dans les bassins	28
I.2. CARACTERISATION DE LA BOUE.....	29
I.3. TEMPS DE SEJOUR DE LA BOUE DANS LES BASSINS AVANT VIDANGE	31
II. DISCUSSION.....	32
II.1. ACCUMULATION de la boue	32
II.2.1. Epaisseurs et distribution de boues dans les bassins	32
II.2.2. Volumes de boues dans les bassins	33
II.2. TEMPS DE SEJOUR DE LA BOUE.....	33
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	34
REFERENCES.....	37
ANNEXES	xi
RESUMÉ	

DEDICACE

Avec l'aide et la protection de l'ETERNEL DIEU tout puissant s'est réalisé ce stage sans grande difficultés.

Je dédie ce mémoire à :

- ma très chère mère « Kouamé Aya Horthense » et mon cher père « Kouadio Aka Clément » qui m'ont toujours apporté leur amour et leur affection. Vous avez créé autour de moi un environnement favorable à mon épanouissement et à la réussite de mes études ;
- toute ma famille ;
- ma chérie « Kouakou Adjoua Annick » pour son soutien sans faille durant toutes ces années.
- monsieur Grah Able Firmin que j'appelle affectueusement « Papa Firmin » et toute sa famille pour l'amour parental, les nombreux services rendus et conseils de sage prodigués. Merci à vous de m'avoir accepté au sein de votre famille durant tout mon séjour.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis de m'adresser à certaines personnes dont le concours a été hautement apprécié. Je remercie la Présidente TIDOU Abiba Sanogo de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa (UJLoG) pour les efforts qu'elle fait quotidiennement en vue de la bonne marche l'institution.

Je remercie Dr KOUASSI Lazare, Directeur de l'UFR Environnement pour le travail abattu à la tête de cette unité. Mes remerciements vont à l'endroit de l'ensemble des Enseignants Géologues de UJLoG, ceux-là même qui ont permis l'inclusion de la filière Géologie Appliquée au sein de l'établissement.

Je tiens à remercier sincèrement le Dr KONAN-WAIDHET Arthur Brice qui a accepté d'être le directeur scientifique de ce mémoire. Je témoigne ma profonde gratitude à mon encadreur Dr N'Dri Brou Etienne, enseignant chercheur à UJLOG. Merci docteur pour votre patience, vos conseils avisés, votre disponibilité et votre contribution à l'élaboration de ce mémoire.

Je voudrais également dire mes sincères remerciements à la Direction Technique de la Compagnie Minière du Littoral, qui par son accord a rendu possible ce stage et m'a permis d'avoir ma première expérience professionnelle. Je voudrais dire un merci particulier au chef de service Environnement Hygiène et Sécurité (EHS) M. Brou, mon maître de stage et ces techniciens supérieurs pour les différents conseils, la connaissance partagée. Merci messieurs pour votre disponibilité et tout le temps que vous m'avez accordé pour la réalisation de ce travail.

A la deuxième promotion de Géologie Appliqué de UJLoG à laquelle j'appartiens, je voudrais vous dire merci pour votre solidarité et l'entraide mutuelle, ainsi que tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'accomplissement de ce travail.

SIGLES ET ABREVIATIONS

BF : Bassin Facultatif

CML : Compagnie Minière du Littoral

E_{LongL} : Echelle de Longueur et Largeur

E_{Prof} : Echelle de Profondeur

E_{quant} : Echelle des Quantités

EHS : Environnement Hygiène et Sécurité

EMBT : Enrichissement de Minerais à Basse Teneur

Ht : Hauteur

MES : Matière En Suspension

Mn : Manganèse

PE : Permis d'Exploitation

PhD : Doctorat en Philosophie

SODEMI : Société pour le Développement Minier de la Côte d'Ivoire

Step : Station d'épuration des eaux polluées ou usée

TSB : Temps de Séjour de la Boue

UJLoG : Université Jean Lorougnon Guédé

UFR : Unité de Formation et de Recherche

LISTE DES TABLEAUX	page
Tableau I. Caractéristiques des bassins	22
Tableau II. Valeurs servants au test expérimental.....	22
Tableau III. Volume des boues accumulées et les proportions de boues accumulées	29
Tableau IV. Détails sur les volumes des bassins et leurs temps de séjour	32

LISTE DES FIGURES

page

Figure 1. Carte de localisation du permis d'exploitation de Lauzoua.....	5
Figure 2. Coupe synthétique transversale montrant la localisation des différents types de minerais de manganèse extraits sur la mine8.	7
Figure 3. Organigramme générale de la CML	8
Figure 4. Organigramme de la direction technique de CML	9
Figure 5. Barrage de stockage de la boue de traitement du minerai de manganèse.....	10
Figure 6. Matériel de travail.....	17
Figure 7. Echantillons avant le test de décantation	20
Figure 8. Site d'expérimentation avec les bassins remplis d'eau boueuse.....	23
Figure 9. Cartographie de la distribution de boue dans le bassin 1.....	26
Figure 10. Cartographie de la distribution de boue dans le bassin 2.....	27
Figure 11. Cartographie de la distribution de boue dans le bassin 3.....	28
Figure 12. Volumes de boue dans les différents bassins.....	29
Figure 13. Hauteurs (Ht) moyennes des MES après décantation.....	30
Figure 14. Echantillons après le test de décantation	31

LISTE DES ANNEXES

page

Annexe 1. Production de la laverie du mois d'Avril.....	xi
Annexe 2. Prise de mesure des épaisseurs de boues pour le bassin 1	xii
Annexe 3. Prise de mesure des épaisseurs de boues pour le bassin 2	xiii
Annexe 4. Prise de mesure des épaisseurs de boues pour le bassin 3	xiii

INTRODUCTION

L'industrie minière constitue un pilier important de l'économie dans de nombreux pays en développement. Cependant, pour attirer les investisseurs privés étrangers dans le secteur minier, nombre de pays africains ont adopté des politiques libérales aux moyens d'instruments comme le code minier et les mesures fiscales.

C'est le cas de la Côte d'Ivoire qui dans le souci de diversifier ses ressources économiques, a entrepris de développer son secteur minier en se dotant depuis 1995 d'un code minier. Sur cette base, des gisements de plusieurs types de minerais sont exploités dans le pays. Ainsi depuis l'année 2010, l'or et le manganèse constituent les deux principales substances minérales produites à l'échelle industrielle (Anonyme, 2008). Concernant le manganèse, la production nationale est assurée par les entreprises Taurian Manganèse sur le site de Bondoukou et la Compagnie Minière du Littoral (CML) sur le site de Lauzoua.

La mine de manganèse de Lauzoua est devenue depuis l'année 2012, l'objet d'une forte activité d'exploitations industrielles. Cette mine est équipée de deux unités de traitement des minerais dont la première traitant les minerais à fortes teneurs dénommée « unité 1 ou CML » et la seconde traitant les minerais à basses teneurs c'est-à-dire la teneur en deçà de la teneur de coupure qui est de 30% dénommée « unité 2 ou EMBT (Enrichissement du minerai à basse teneur) ». La laverie de la mine de Lauzoua fonctionne en circuit fermé c'est-à-dire l'eau utilisée pour le lavage du minerai est acheminée dans un bassin de décantation puis cette même eau est pompée et réutilisée pour le lavage du minerai.

En effet, le traitement des minerais à la mine de manganèse de Lauzoua produit des particules fines mélangées à de l'eau qui constituent des boues de lavage recueillies dans un bassin de décantation situé à 200 mètres de l'usine traitant les minerais à fortes teneurs. En 2014 avant l'implantation de la seconde unité de traitement, ces boues de lavage avaient un volume estimé à 120 000 m³/an (Brou, 2014), soit 20% du tout-venant. Aujourd'hui avec l'implantation de cette seconde unité traitant les minerais à basses teneurs, ce volume a considérablement augmenté. Le premier bassin servant de stockage de la boue de lavage est à sec c'est-à-dire ne permet plus une bonne récupération de l'eau. Le second est actuellement en activité de rehaussement de la digue. Avec le rehaussement de la digue, l'on espère permettre une bonne récupération de l'eau pour un certain temps avant son comblement. Par conséquent, ces boues en s'accumulant, réduisent le volume d'eau utile du bassin, diminuent le temps de séjour hydraulique, modifient la forme superficielle du fond (Pena *et al.*, 2000) et, ont une action sur l'efficacité des performances du système (Schneiter *et al.*, 1984).

Cette accumulation importante de la boue cause un sérieux problème à la mine qu'il faut gérer. Ces boues sont difficiles à assécher du fait de la teneur d'argile et leur stockage reste difficile à gérer du point de vue pratique, économique et environnemental.

Du coup, il se pose la problématique de la gestion de la boue de lavage à la mine de manganèse de Lauzoua. Il s'agira donc de trouver une technique de gestion de cette accumulation de la boue qui impacte négativement le traitement du minerai en termes de récupération d'eau.

C'est donc dans l'optique de palier à ce problème que nous avons effectué ce travail qui porte sur le thème : « Caractérisation et traitement des boues de lavage dans une mine à partir d'un système de lagunage : cas de la mine de manganèse de Lauzoua (Sud de la Côte d'Ivoire) ».

L'objectif général de cette étude est de modéliser un système de lagunage, afin de proposer un mode de gestion efficace de la boue de lavage à la mine de Lauzoua. De façon spécifique, il s'agira de :

- évaluer les épaisseurs de boue et estimer les volumes de boue d'accumulés dans les bassins de lagunage ;
- modéliser la distribution verticale et horizontale de la boue dans les bassins avec le logiciel Surfer 15 ;
- comparer la production de boue entre les deux unités de traitement dont la première traite les fortes teneurs et la seconde traite les basses teneurs ;
- définir le temps de séjour de la boue (TSB) dans les différents bassins.

Le mémoire est structuré en trois grandes parties comme suit :

- la première partie aborde les généralités qui se consisteront à la présentation de la zone d'étude, la présentation de la structure d'accueil : mine de manganèse de Lauzoua et à la présentation des connaissances sur les boues de lavage et le lagunage ;
- la deuxième partie traite le matériel et les méthodes d'étude ;
- la troisième et dernière partie présente les résultats obtenus, leurs interprétations et des discussions.

Une conclusion générale et des perspectives mettront fin à notre travail.

PARTIE 1 :

GENERALITES

I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. CADRE GEOGRAPHIQUE

La mine de manganèse de Lauzoua (ex-MOKTA) est située au Sud de la Côte d'Ivoire dans la sous-préfecture de Lauzoua, département de Guitry. Elle est située à 170 km, à l'Ouest d'Abidjan et à environ 53 km au Nord-Ouest de la ville de Grand-Lahou dont 7 km de piste entre la route « côtière » et l'ancienne mine de Mokta. La mine est couverte par le permis PE n° 36 de la CML, et s'étend sur une superficie de 100 km² (Figure 1) et le nouveau permis de recherche PR 248 d'une superficie de 88,6 km² (Dago, 2014). Les coordonnées géographiques du site s'étendent entre la latitude 05°17'00'' et 05°20'30'' Nord et la longitude 05°23'00'' et 05°25'00'' Ouest (Anonyme, 2008).

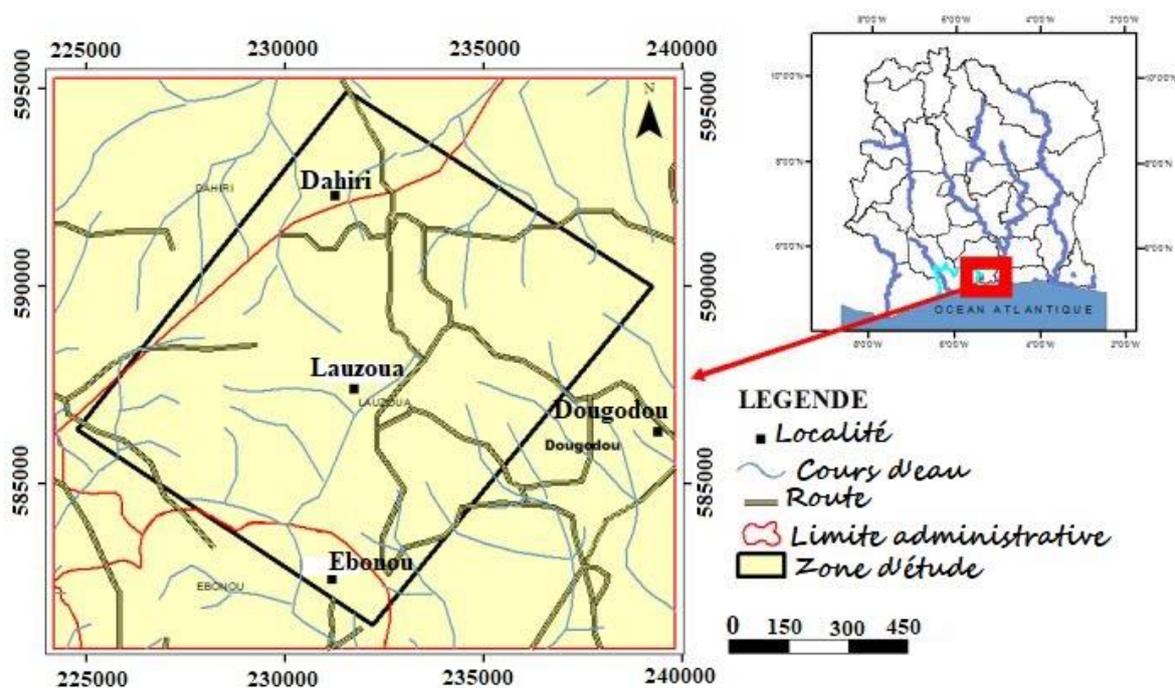


Figure 1. Carte de localisation du permis d'exploitation de Lauzoua

I.2. CADRE GEOLOGIQUE

Les formations paléo-protérozoïques de la coupure de Grand-Lahou peuvent être subdivisées en deux domaines birimiens ayant subi des évolutions tectono-métamorphiques éburnéennes différentes (Papon, 1973).

- A l'ouest, un domaine birimien relativement plus ancien (2,2-2,150 M.A), essentiellement plutono-volcanique et à valeur de socle pour le domaine oriental. Ce domaine inclus des reliques de migmatites encore plus anciennes rattachées à l'archéen (Papon, 1973).

- A l'est, un domaine sédimentaire (2,150-2,050 M.A) provenant de l'érosion du domaine plutono-volcanique birimien ancien et intrudé par des massifs à dominance granodioritique appartenant au bassin sédimentaire de la Comoé. D'après Zanone (1964), la morphologie du gisement de manganèse de Lauzoua provient de la formation du relief environnant. Les dix-neuf (19) différentes zones minéralisées sont orientées suivant un alignement de collines dont les sommets sont découpés par de petits plateaux. L'horizon minéralisé apparaît sur une dizaine de kilomètres le long d'une chaîne de collines de direction birrimienne (NE-SO) culminant à 120 m d'altitude. Le niveau de base se situe vers 20 mètres (Grandin, 1968).

Le minerai primaire du site d'exploitation est constitué par une roche noire, très dure, vaguement stratifiée, à schistosité soulignée par de fines lamines graphiteuses et recoupée par des fissures et veinules de calcite blanche (Grandin, 1976). Toujours selon ces auteurs, ces roches sont des gondites, quartzites à rhodochrosite (MnCO_3), à spessartine ($\text{Mn}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$) et à la braunite ($\text{Mn}_7\text{SiO}_{12}$), qui à l'altération, sera pseudomorphosée par la psilomélane. Au niveau du gisement de manganèse, trois types de minerais ont été identifiés (Grandin, 1968) et présentent les caractéristiques qui suivent :

- minerai de lentille, à faciès stratifié et généralement en place, plus résistant dans les parties sommitales, exceptionnellement, on peut trouver ce type de minerai dans les zones de faible altitude et il contient les plus fortes teneurs et représente seulement 8% du minerai exploité ;
- minerai de démantèlement, à faciès concrétionné, est lié à la surface topographique et coiffe les têtes de lentilles sous forme d'amas, la richesse des amas croît avec la profondeur avec la partie superficielle terreuse, comportant beaucoup d'argile, de gravillons et de pisolithes et ce type de minerai qui constitue environ 77% du minerai exploité, est le produit de démantèlement des lentilles ;
- minerai de cuirasse, représentant 15% du minerai exploité et également lié à la surface topographique se situe sur les pentes régulières et faibles (10 à 15%), se présente soit sous forme de corps massifs et durs, soit sous forme de masses concrétionnées à la surface mamelonnée ou « chou-fleur » présentant souvent des veinules à cristallisations fibreuses et englobe des résidus d'argile rouge ou blanche. Ce minerai de cuirasse est issu à la fois du lessivage des lentilles et des amas de démantèlement piégés en contrebas des collines (figure 2).

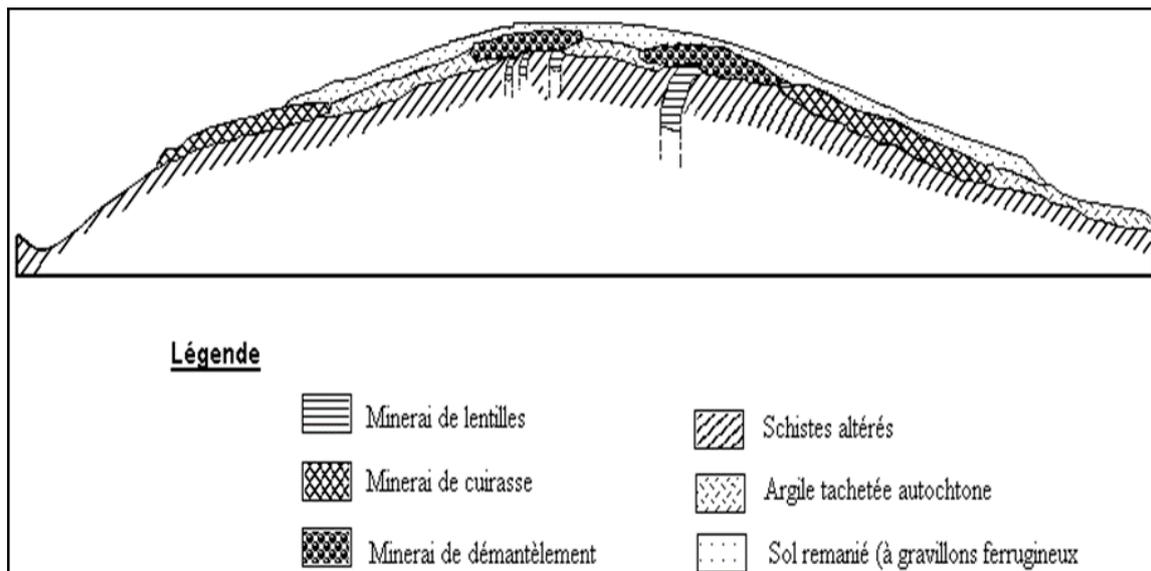


Figure 2. Coupe synthétique transversale montrant la localisation des différents types de minerais de manganèse extraits sur la mine (Grandin, 1968).

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LA MINE DE MANGANESE DE LAUZOUA

II.1. ORGANISATION DE LA STRUCTURE

La Compagnie Minière du Littoral (CML) est présidée par un conseil d'administration qui définit les opérations entrant dans le cadre des objectifs fixés par la société. Ce conseil est chargé de définir les opérations et de veiller à leur exécution. La gestion de tous les jours revient à la Direction Générale qui coordonne et contrôle les activités de la société. Elle compte en son sein trois directions :

- la Direction de l'Administration et des Finances dont la mission est la gestion administrative et financière de la société et la gestion des ressources humaines ;
- la Direction Commerciale et Logistique assure la recherche de la clientèle pour la vente du manganèse et s'occupe du volé logistique à savoir le transport, les formalités douanières à l'import et à l'export. ;
- la Direction Technique s'occupe de la production du minerai.

II.2. ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE

La Compagnie Minière du Littoral est organisée selon l'organigramme ci-dessous :

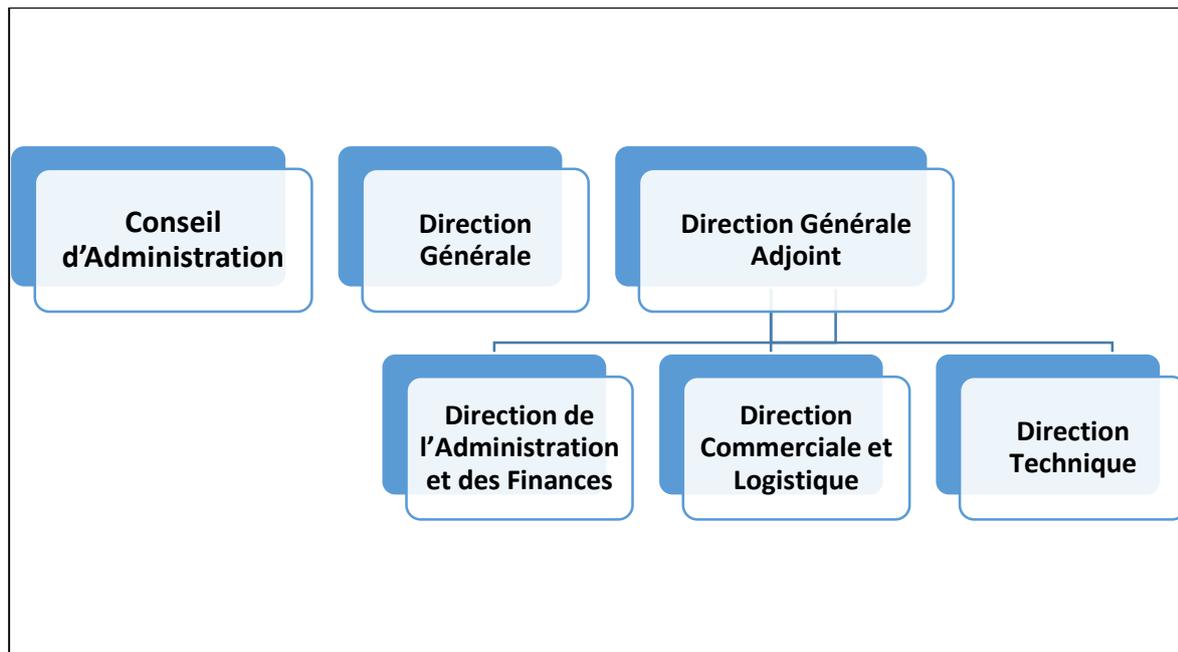


Figure 3. Organigramme générale de la CML

II.3. ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION TECHNIQUE ET LEUR ROLE

Nous avons effectué notre stage au sein de la Direction Technique qui est chargée de réaliser toutes les études minières des projets de développement. La Direction Technique de la CML est présentement assurée par Monsieur Qi Chao de nationalité chinoise, assisté par Monsieur BONSU Anthony de nationalité ivoirienne (Directeur Technique Adjoint) et Monsieur YAO Koffi (Assistant Technique du Directeur Technique) de nationalité ivoirienne. Cette direction a pour rôle de coordonner et contrôler les activités quotidiennes de la mine. Elle comprend six services, chacun étant subdivisé en sections et sous-sections (figure 4) :

- service de la Géologie Minière, dirigé par Monsieur FOFANA Souleymane ;
- service de l'exploitation Minière, ayant pour responsable Dr. KOUAME Joseph Arthur Kouamé, par ailleurs conseiller du Directeur Technique ;
- service traitement de minerai, dirigé par monsieur Yobo Patrick ;
- service maintenance, assuré par monsieur WAN Yi Wen ;
- service environnement, hygiène et sécurité, dirigé par monsieur BROU Konan Sylvain ;
- service administratif du site, sous la responsabilité de monsieur KAKOUO Mathurin.

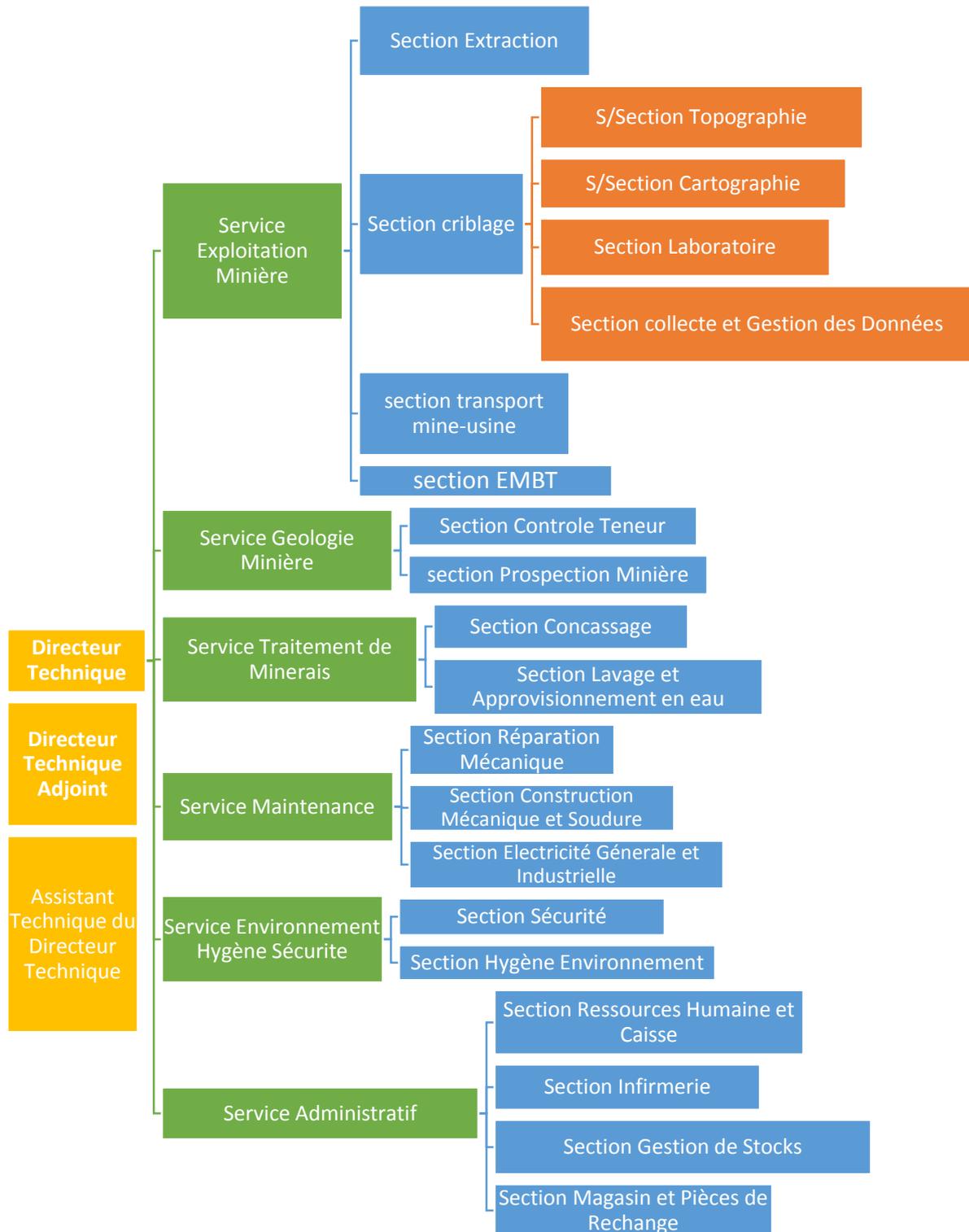


Figure 4. Organigramme de la direction technique de CML

III. CARACTERISTIQUES DES BOUES DE LAVAGE ET DU LAGUNAGE

III.1. BOUES DE LAVAGE

III.1.1. Définition

Les boues de lavage désignent l'ensemble mélangé d'eau et de résidus fins ou sous-produit visqueux issus du procédé de traitement du minerai. Cette boue de lavage est en fait une boue avec une forte teneur en argile et très pâteuse.

III.1.2. Localisation et origine des boues de lavage

La boue de lavage provient du traitement du minerai de manganèse de la Compagnie Minière du Littoral (CML). Elle est actuellement évacuée et stockée dans un barrage de stockage à l'Est du site de lavage du minerai de manganèse sur une superficie de 3,44 ha.

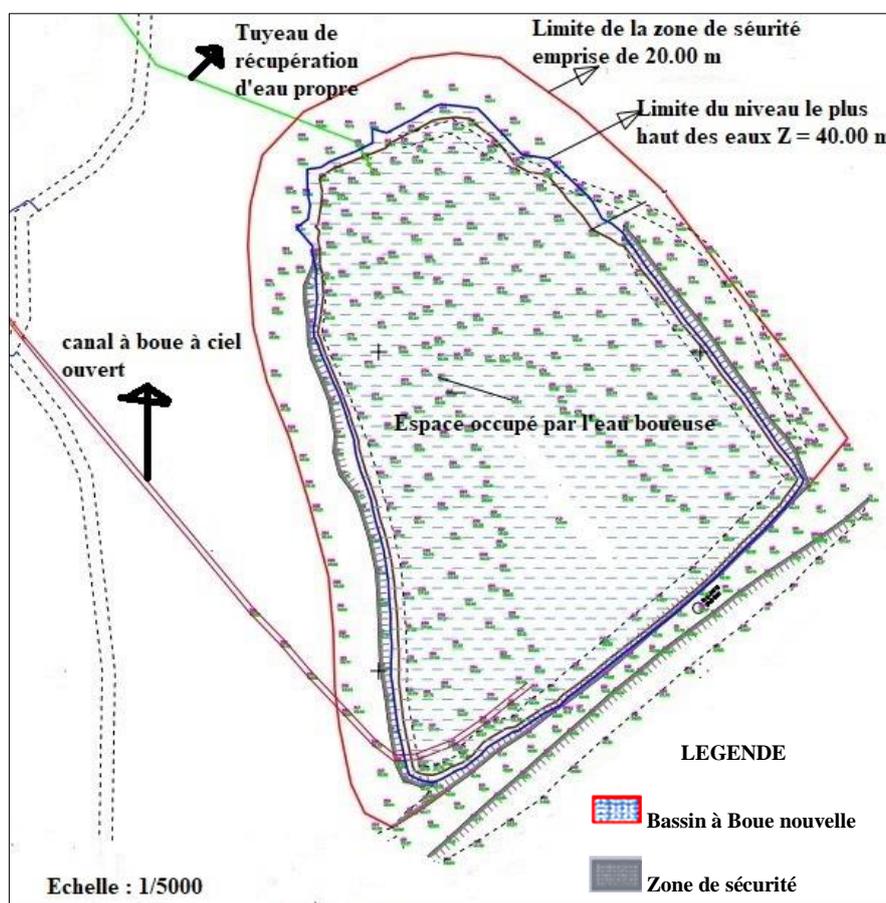


Figure 5. Barrage de stockage de la boue de traitement du minerai de manganèse

III.1.3. Paramètres physico-chimiques de la boue

La boue de lavage de manganèse de Lauzoua a une granulométrie composée de 41% de limons ; 58,073 d'argiles et 0,550% de sable (Brou, 2014). Quant à l'acidité de la boue, après le test de

TUKEY effectué par Brou en 2014, cette boue a un pH_{eau} qui est égal à 4,700 et un pH_{kcl} qui est égal à 4,233.

III.1.4. Effets du manganèse sur la santé

Le manganèse est un oligoélément essentiel à la vie, tant pour les humains que pour les animaux et les plantes. Principalement, le manganèse est un activateur pour des enzymes et contribue également à la protection des membranes mitochondriales de la gluconéogenèse (Zlotkin *et al.*, 1995). De plus, le manganèse joue un rôle fondamental dans la formation et le développement des tissus, des os, des hormones sexuelles et des facteurs de coagulation du sang (Erikson & Aschner, 2003). Outre ces bienfaits, le manganèse est également toxique pour le système nerveux central et les écosystèmes. Une surexposition peut, entre autres choses, engendrer la détérioration des systèmes de transport des influx nerveux, des activités enzymatiques et des fonctions réceptrices.

III.2. LAGUNAGE

III.2.1. Définition

Le lagunage est un système biologique d'épuration qui repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues (Benelmouaz, 2015). De nombreux procédés d'épuration ont été mis au point, parmi lesquels le lagunage à microphytes se distingue par sa simplicité, sa fiabilité et son faible coût d'investissement et d'opération (Oudra, 1990). En effet, dans notre cas d'étude, ce système nous permettra de recueillir plus d'eau dans le dernier bassin.

III.2.2. Types de lagunage

Il existe quatre types de lagunage (Sama, 2009) à savoir :

- lagunage naturel ou à microphytes ;
- lagunage à macrophytes ;
- lagunage composite ;
- lagunage aéré.

III.2.2.1. Lagunage naturel ou à microphytes

Le lagunage s'est développé en tant que technique épuratoire à travers le monde (Etats Unis, Canada, Australie, Suède, Allemagne) depuis le début du siècle passé c'est-à-dire le 20^{ème} siècle. Toutefois, pour la construction des différents bassins, il y a très peu d'études techniques ou de recherche sur ce sujet, et certaines installations se révèlent totalement inopérantes. La géométrie d'un bassin et sa capacité s'improvisaient en fonction de la configuration du terrain disponible.

La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet la prolifération d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées "microphytes" (El Hachimi, 2012).

Au fond du bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. On note alors un dégagement de gaz carbonique et de méthane.

Ces trois bassins se différencient par leur profondeur et leur état d'oxygénation. Dans le lagunage naturel, trois types de bassins sont généralement utilisés (Satin *et al.*, 1999) :

- les lagunes profondes ou bassins anaérobies (2 à 5 m) fonctionnant en anaérobiose avec un temps de séjour de 1 à 2 jours. Elles sont utilisées pour dégrader la matière organique et assurer une bonne décantation. La dégradation anaérobie se fait successivement par une fermentation acide et une fermentation méthanique ;
- les lagunes de faible profondeur (profondeur comprise entre 1 et 3 m) appelées bassins facultatifs (BF), de grande surface, dans lesquelles la flore bactérienne, aérobie en grande partie, hydrolyse la matière organique et la dégrade grâce à l'oxygène qui lui est fourni par l'activité photosynthétique des algues de surface et par les échanges gazeux air-eau à la surface du liquide. Le temps de séjour y est de 5 à 30 jours ;
- les lagunes de finition ou de maturation améliorent le traitement des effluents issus des bassins facultatifs ou d'un autre bassin de maturation. Elles sont aérobies avec une profondeur plus faible que les bassins précédents ne dépassant pas souvent 1 m. Les temps de séjours sont de 5 à 7 jours.

III.2.2.2. Lagunage à macrophytes

Le lagunage à macrophytes consiste à associer des plantes dans l'épuration des eaux usées dans les bassins. Les macrophytes sont des plantes aquatiques immergées ou émergentes, flottantes ou enracinées. Les macrophytes plantés sont les phragmites (roseaux), les typhas (massettes) et les flottants sont les lentilles d'eau, la jacinthe d'eau, la laitue d'eau etc (Sama, 2009).

Les matières en suspension (MES) sont retenues au niveau des racines des macrophytes, lorsque la taille des boues autour des racines devient importante, celles-ci décantent et sont digérées dans les sédiments, au fond du bassin. En présence des plantes aquatiques les principales

réactions d'élimination de l'azote sont la nitrification et la dénitrification et l'assimilation par les végétaux (Brix, 1997).

III.2.2.3. Lagunage composite

Le lagunage composite regroupe une série de 3 bassins dont le premier est une lagune à microphytes, le deuxième une lagune séparée à microphytes et à macrophytes et la troisième lagune est à macrophytes (Tinto, 2006).

III.2.2.4. Lagunage aéré

L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Les microorganismes épurateurs sont aérobies. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des microorganismes épurateurs et des effluents à traiter. Les phases « eaux épurées » et « boues épuratrices » sont ensuite séparées dans un décanteur (Sama, 2009).

Le lagunage aéré se compose de deux types de lagunes : la lagune d'aération et la lagune de décantation.

- La lagune d'aération où les eaux à traiter de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).
- La lagune de décantation où les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et particules piégées, décantent pour former les boues.

Le lagunage aéré se différencie des boues activées par l'absence du système recyclage des boues et par un temps de séjour plus long. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important (Sama, 2009).

III.2.3. Importance du lagunage

Les systèmes de traitement des eaux usées domestiques par lagunage naturel présentent les avantages suivants (Kiemde, 2006) :

- l'exploitation reste légère, mais si le curage global n'est pas réalisé au moment convenable, les performances de la lagune chutent très sensiblement ;
- l'élimination d'une grande partie des nutriments : azote et phosphore ;
- une très bonne élimination des germes pathogènes ;
- une bonne adaptabilité aux fortes variations de charge hydraulique ;
- l'absence de nuisances sonores ;
- une bonne intégration paysagère.

III.2.4. Inconvénients du lagunage

Les systèmes de traitement des eaux usées domestiques par lagunage naturel comportent également certains inconvénients qui sont entre autres :

- emprise au sol importante ;
- contraintes de nature de sol et d'étanchéité ;
- variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée ;
- nuisances en cas de défaut de conception et/ou d'exploitation (rongeurs, odeurs, moustiques) ;
- élimination de l'azote et du phosphore incomplète ;
- difficultés d'extraction des boues.

PARTIE 2 :
MATERIEL ET
METHODES

I. MATERIEL

I.1. MATERIEL DE TRAVAIL

Pour mener à bien notre étude, un certain nombre de matériels s'avèrent nécessaires et utiles.

Nous avons utilisé :

- une paire de gants, des lunettes de sécurité, une paire de bottes, un cache nez et un casque orange, comme équipement de protection individuelle ;
- un gilet fluorescent pour être identifié ou repéré de loin par des engins ou personnes afin d'éviter des accidents.

En plus du matériel de protection et de reconnaissance individuel, nous avons utilisé :

- une règle de trente (30) centimètres pour mesurer les différentes valeurs de la boue ;
- un marqueur pour écrire sur la planche qui a servi de mesure de niveaux d'eau dans les différents bassins ;
- une tige de diamètre très réduit dont à l'extrémité de laquelle une serviette blanche est enroulée. Cet instrument a permis de prendre la mesure des épaisseurs de boue ;
- un appareil photo numérique de 13 Méga Pixel pour les prises de vue.
- une pelle, une dabas, une pioche pour le creusé des trous considérés comme bassins ;
- une machette pour rendre notre site propre avant les creusés ;
- une bâche noire de quatre (4) mètres a servi pour rendre imperméable le fond de nos bassins ;
- un seau de 10 litres pour le prélèvement des échantillons du test de décantation ;
- deux bidons (2) d'un litre chacun ont été utilisés respectivement pour les échantillons comme des agitateurs de l'eau boueuse avant le test ;
- trois (3) trous de différentes dimensions de formes rectangulaires montés en série ont servis de bassins de décantation ;
- quatre (4) béciers 600 ml ont été utilisés pour le test de décantation des échantillons ;
- un demi baril métallique de 100 litres fondu en deux et confectionné par les soudeurs de la mine a servi d'usine productrice de boue ou d'alimentateur en boue ;
- une balance de masse maximale de 100 kg a été utilisée pour peser les particules fines utilisées pour le test expérimental ;
- une brouette pour le transport des rejets fins vers le site expérimental.

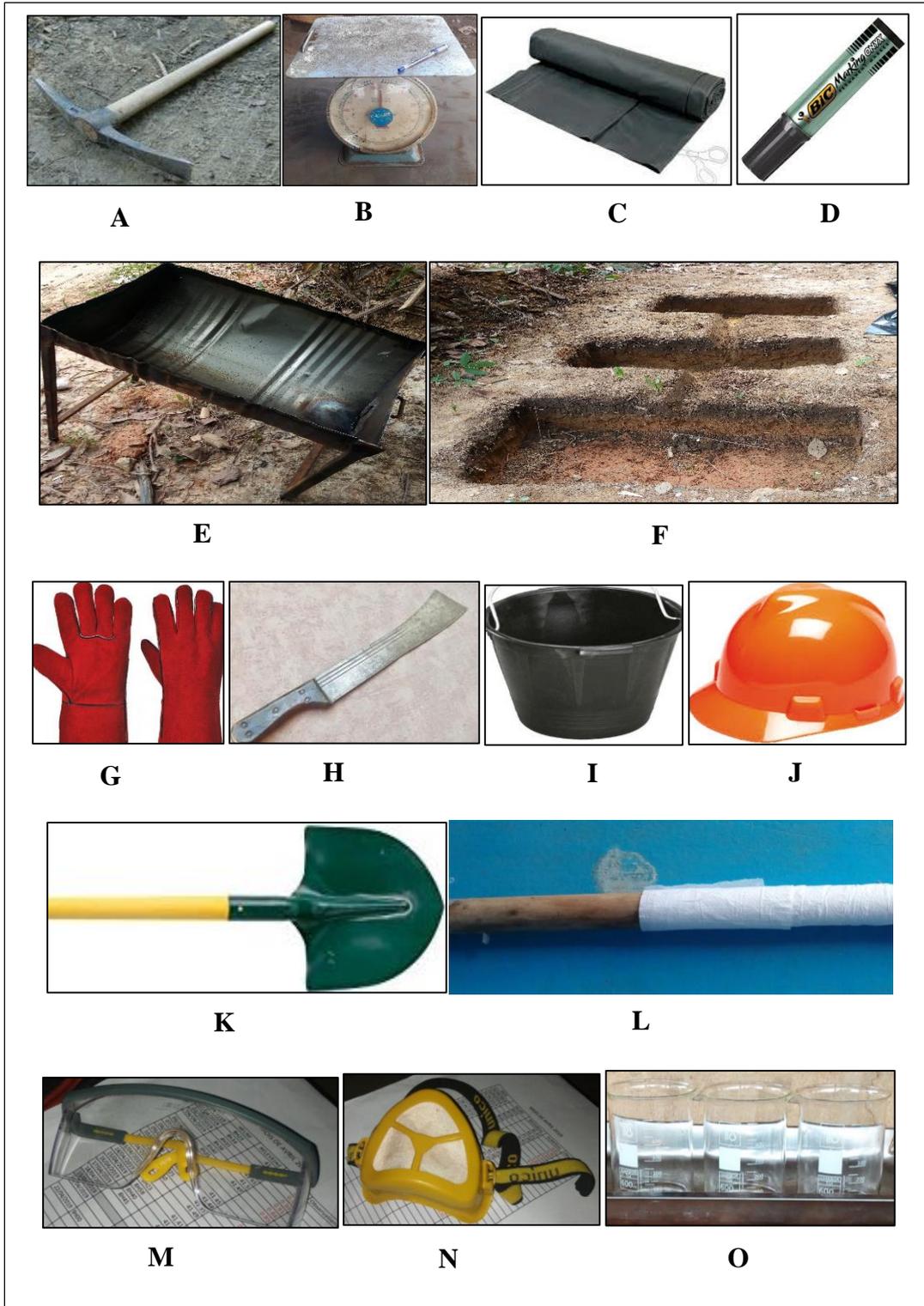


Figure 6. Matériel de travail

A-Pioche, B- Balance, C- Bâche noire, D- Marqueur, E-Usine de boue, F- Bassins, G-Gants, H- Machette, I- Seau, J- Casque, K- Pelle, L- Outil de mesure d'épaisseur de boue, M- Lunettes de sécurité, N- Cache nez, O- Béchers

I.2. MATERIEL DE TRAITEMENT DES DONNEES

Pour le traitement de nos données les logiciels suivants ont été utilisés :

- le logiciel Microsoft Excel 2013 qui a été utilisé pour les calculs et la représentation des graphiques mais surtout pour le traitement des données en vue d'une meilleure présentation des résultats de nos travaux ;
- le logiciel Golden Software Surfer.15 qui a été utilisé pour la modélisation et le calcul des volumes de boue dans les différents bassins.

II. METHODOLOGIE

II.1. ECHANTILLONNAGE

Les prélèvements ont été faits de diverses manières. Pour ce qui est du test de décantation, les échantillons ont été prélevés au niveau de la plus forte pente des différentes canalisations à eau boueuse des deux unités de traitement.

Pour les prises de mesure des épaisseurs, les mesures ont été effectuées à l'entrée, au milieu et à la sortie de chaque bassin selon notre maillage. Pour les trois bassins le maillage a été fait suivant un intervalle de 20 cm au niveau de la longueur et 10 cm au niveau de la largeur.

II.2. ACCUMULATION DES BOUES

II.2.1. Mesure de l'épaisseur

Les épaisseurs de sédiments correspondant à une semaine de fonctionnement de notre test expérimental ont été déterminées par mesure directe. L'évaluation de la quantité de boues s'est faite par la méthode de « la serviette blanche » ou « White Towel » décrite par Mara (2004). Cette technique consiste à utiliser une tige plus longue que la profondeur du bassin. A l'extrémité de la tige, on colle proprement une serviette blanche tout autour sur une longueur que les épaisseurs de boues ne dépasseront jamais. Dans notre étude pour réaliser cet instrument de mesure, nous avons enveloppé d'une serviette blanche le tiers inférieur d'un poteau long de trois (3) mètres. Le diamètre doit être petit pour faciliter les manipulations lors du jaugeage. Nous avons utilisé de la colle liquide pour renforcer le contact entre la serviette et le poteau. Ensuite, nous avons laissé le dispositif à l'air libre pour qu'il sèche. On peut alors procéder au jaugeage.

Pour effectuer la mesure de l'épaisseur de boues, on se place juste au niveau du nœud ou point considéré. On tient verticalement le dispositif de jaugeage qu'on enfonce lentement à la verticale dans le bassin jusqu'à ce qu'il touche le fond. On effectue une légère rotation tout doucement dans un seul sens.

Après cet exercice, il faut marquer une pause. On le retire ensuite lentement, toujours en tenant le dispositif à la verticale. L'épaisseur de la couche de boues est visible à l'endroit où la serviette

blanche est décolorée par les particules de boues qui se sont accrochées aux fibres textiles. Avec un instrument de mesure de longueur (une règle graduée), on évalue la longueur de la partie décolorée du poteau. La valeur obtenue correspond à l'épaisseur de la couche de boues au nœud considéré ou point. Ainsi, a-t-on évalué l'épaisseur de la couche de boues au niveau de chaque point. Pour passer à un autre point, on lave les jaugeurs.

II.2.2. Distribution de l'accumulation de boue

Une fois les mesures d'épaisseurs effectuées aux différents nœuds ou points considérés selon notre maillage, ces données sont ensuite traitées dans Excel. Après traitement ces données d'Excel comportant des mesures d'épaisseurs de la boue, elles sont importées vers Surfer et à partir de la méthode « Kriging » nous avons modélisé la distribution verticale et horizontale de la boue accumulée dans les différents bassins.

II.3. CARACTERISATION DE LA BOUE

La mine étant équipée de deux usines de traitement, l'échantillonnage s'est fait au niveau des deux usines mais plus spécifiquement au niveau des plus fortes pentes des canalisations de l'eau boueuse sans raison juste un choix. Nous avons prélevé à l'aide d'un seau de dix (10) litres puis nous avons transvasé dans deux bidons d'un (1) litre chacun pour chaque usine. Après une forte agitation du bidon pour homogénéiser le contenu afin de mieux apprécier les résultats, nous avons transvasé le contenu du bidon dans deux béciers de 600 ml jusqu'à la barre de 500 ml de chaque bécier. Nous avons utilisé pour chaque usine de traitement deux béciers. Une fois les béciers remplis nous avons chronométré sur deux heures de temps et toutes les trente (30) minutes, nous procédons à des mesures à l'aide de notre traceuse ou règle graduée qui se trouve dans les matériels. Au terme des deux heures chronométrées, nous avons procédé à une dernière mesure.

L'objectif de ce test de décantation est de mesurer les différentes hauteurs des dépôts de boues au fond des béciers afin de comparer la production de la boue entre les deux unités de traitement des minerais de manganèse.

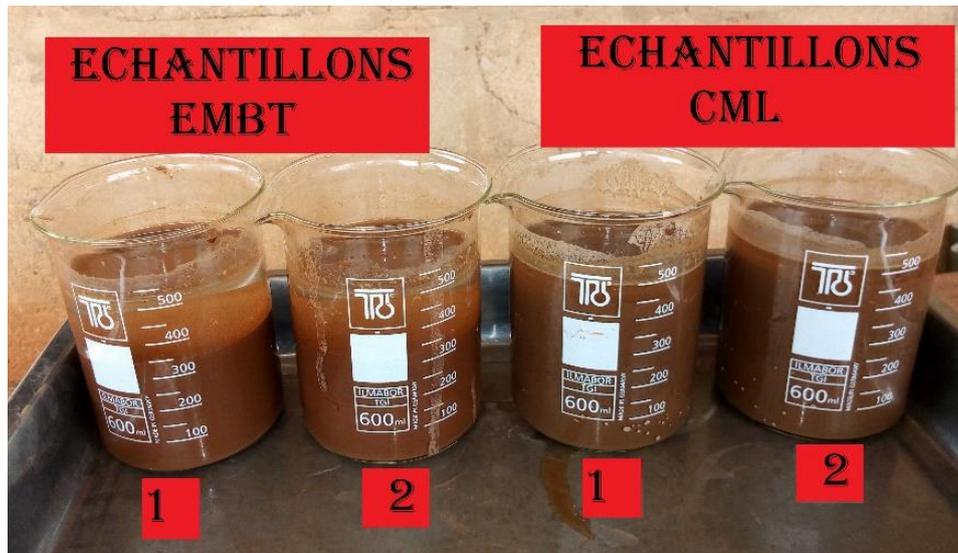


Figure 7. Echantillons avant le test de décantation

II.4. TEMPS DE SEJOUR DES BOUES DANS LES BASSINS

Pour déterminer le Temps de Séjour de la Boue (TSB), nous avons appliqué la théorie de Mara & Person (1998), qui préconise que les bassins soient curés toutes les fois que leurs volumes de boues atteignent les $\frac{1}{3}$ du volume total du bassin.

Ainsi, nous avons divisé le volume total du bassin par la proportion de la théorie de Mara & Person (1998) qui est $\frac{1}{3}$ puis comparer cette valeur au volume de boue actuel dans le bassin. Si la valeur trouvée n'atteint pas le tiers du volume total, nous ne pouvons pas définir le TSB. Mais si cette valeur est proche ou atteint le tiers du volume total du bassin, nous définissons le TSB en fonction du jour de traitement. Et comme le test s'est produit sur une semaine alors le TSB, sera de sept (7) jours au plus. Ainsi de suite jusqu'à ce que le tiers du volume soit atteint.

II.5. DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET TECHNIQUE DE MESURE D'EPaisseur

Le montage s'est fait selon un principe et une technique bien indiqués.

- Confection de l'usine productrice de boue suivant une pente de 45° par les soudeurs de la mine. Cet instrument est directement lié au premier bassin par une canalisation de drain filtrant. C'est une barrique de 200 litres divisé en deux parties égales puis fendu en deux parties égales. Une seule partie des deux parties fendues a été utilisé pour la confection de l'usine productrice de boue. A la sortie de cet instrument une ouverture de diamètre 10 cm est laissée pour permettre l'évacuation de l'eau boueuse.
- Creuser le premier bassin dénommé «Bassin 1 ». Ce bassin a une dimension plus grande que les deux autres bassins. Il recevra le plus de boue. Il servira de bassin de décantation primaire sans ajout de réactifs.

- Le deuxième bassin dénommé « Bassin 2 » a une dimension moins importante que le premier. Il recevra moins de boue que le premier. Il servira de bassin de décantation secondaire sans ajout de réactifs.
- Le troisième bassin de dimension inférieure au deuxième est dénommé « Bassin 3 ». Il accueillera moins de boue que le premier. Il servira de bassin de décantation tertiaire sans ajout de réactifs.

Le dispositif permet la collecte des données dans les différentes usines de lavage de la société selon la quantité de minerais marchands journalière et de rejets non acheminés dans le bassin produite. Sachant que la CML produit environ 20% de boue et que l'unité d'Enrichissement de Minerai à Basse Teneur (EMBT) environ 80% de boue nous allons en estimer le taux journalier de boue par l'ensemble des deux usines. Ainsi, on choisit une échelle qui sera adaptée à la quantité de boue produite afin de mieux dimensionner notre dispositif de laboratoire. L'échelle de longueur et largeur (E_{LongL}) est 1/100, échelle profondeur (E_{Pro}) de 1/10 et l'échelle de quantité (E_{Quant}) est de 1/10000. Une fois les échelles choisies et adaptées à la réalité du terrain, on procède à la mise en place de notre dispositif au laboratoire.

Après montage du dispositif, nous avons procédé à la mise en œuvre sur sept (7) jours. Les mesures d'épaisseurs se sont faites pendant ces sept jours sur toute la surface des bassins.

En effet, ce système de lagunage diffère de tous les autres mis en œuvre pour le traitement des eaux usées. Il est plus simple dans notre cas d'étude. Des étapes comme le prétraitement sont survolées car cette manœuvre s'effectue déjà dans nos différentes unités de traitements. Le produit considéré comme boue sort de nos unités sans rejets grossiers. Les étapes de traitement secondaire et tertiaire qui permettent d'obtenir une bonne qualité de l'eau ne seront aussi pas traitées dans ce système car la qualité de l'eau nous importe peu. Dans notre cas ce qui nous importe est la quantité de l'eau que l'on pourra récupérer après décantation de notre eau boueuse. Cependant dans nos différents bassins, il n'y aura aucun ajout de réactif, ni culture d'organismes dont leurs développements favoriseraient la bonne qualité de l'eau.

Aussi entre chaque bassin une distance moyenne de trente (30) mètres est laissée. Cet écart de distance entre nos bassins, servira non seulement de passage des différentes canalisations reliant les bassins, mais aussi pour empêcher un effondrement de terrain lors de la manœuvre des pelles pour les activités de curage de la boue. Le tableau I présente les caractéristiques des bassins.

Tableau I. Caractéristiques des bassins

	Lagune 1	Lagune 2	Lagune 3
Longueur (cm)	100	100	100
Largeur (cm)	50	40	30
Profondeur (cm)	30	25	30
Volume (cm³)	150 000	100 000	90 000

Les données utilisées pour le test sont celles de la production du mois d'Avril 2019. Nous avons sélectionné sept (7) jours de fortes productions. Ce choix de production a été matérialisé en rouge dans le tableau de production du mois d'avril en annexe 1. Les valeurs de rejets fins utilisées pour le test expérimental sont en unité de kilogramme et représentées en rouge dans le tableau ci-après. Le tableau II donne les détails des données utilisées.

Tableau II. Valeurs servant au test expérimental

Dates	Jours de test	AT	TGFM	TGNMM	RF (Boue)	RF à Eprod en en tonne	RF à Eprod en Kg utilisé pour le test
01/04/2019	1	2234	1397,58	100,53	735,89	0,073	73,589
02/04/2019	2	2841,5	2102,91	127,8675	610,7225	0,061	61,072
12/04/2019	3	2924	2352,46	131,58	439,96	0,043	43,996
13/04/2019	4	2466	1775,49	110,97	579,54	0,057	57,954
16/04/2019	5	2314,5	1480	104,1525	730,3475	0,073	73,034
17/04/2019	6	2439,5	1632,64	109,7775	697,0825	0,069	69,708
20/04/2019	7	2646,5	1847,25	119,0925	680,1575	0,068	68,016
	Total	17866	12588	803,97	4474	0,447	447,37

TGNMM : Total grossier non minéralisé et minéralisé, TGFM : Total Grossiers et Fins Marchands, RF : Rejets fins, AT : Alimentation Totale

La figure 8 nous montre le site qui a servi de laboratoire ainsi que les bassins contenant de l'eau boueuse.



Figure 8. Site d'expérimentation avec les bassins remplis d'eau boueuse

PARTIE 3 :
RESULTATS ET
DISCUSSION

I. RESULTATS**I.1. ACCUMULATION DE BOUE****I.1.1. Evaluation de l'épaisseur de la boue**

L'épaisseur des boues a été mesurée à un total de 25 nœuds (points considérés) pour le bassin 1, 20 nœuds pour le bassin 2 et 15 nœuds pour le bassin 3. À chaque nœud, la profondeur des boues était mesurée à l'aide de la technique de test à la serviette blanche décrite par Mara (2004). Au niveau du bassin 1, l'épaisseur des dépôts de sédiments a évolué de 7,8 cm le premier jour de jaugeage à 20,6 cm au dernier jour de jaugeage. Les sédiments sont plus épais dans les premiers compartiments du bassin, c'est-à-dire à l'entrée, au milieu et à la sortie. La valeur maximale d'hauteur de la boue après jaugeage a été obtenue au nœud (10 ; 20) qui se trouve à l'entrée du bassin avec une hauteur de 20,6 cm.

D'autres points avec d'importantes hauteurs ont été obtenus au niveau des nœuds (20 ; 20) avec 18,1 cm, au nœud (30 ; 20) avec 17,1 cm et au nœud (50 ; 20) avec 15,2 cm. Ces points se trouvent également à l'entrée du bassin.

Cependant au niveau du milieu, on constate une hauteur maximale de 16,1 au cm nœud (30 ; 60). De plus on enregistre d'importantes hauteurs aux nœuds (20; 60) et (40 ; 60) se trouvant aussi au milieu du bassin avec des épaisseurs respectives 14,2 cm et 12,6 cm.

Par ailleurs, au niveau de la sortie on note une hauteur maximale de 17,1 cm au nœud (20 ; 100) et d'importantes hauteurs à certains nœuds, notamment au nœud (30 ; 100) avec 16,9 cm, au nœud (10 ; 100) et au nœud (50 ; 100) avec une hauteur de 16,2 cm. Le volume de dépôt de boue est estimé à 44 977,9 cm³. Ce volume constitue 30% du volume total de ce bassin. Il est plus important que dans les deux autres bassins.

Au niveau du bassin 2, on enregistre à l'entrée une hauteur maximale de 10,3 cm au nœud (10 ; 20) puis une importante hauteur au nœud (40 ; 20) de 8,9 cm de hauteur. A la sortie de ce bassin, on note une hauteur maximale de 13,6 cm au nœud (10 ; 100) et une importante hauteur au nœud (40 ; 100) de 11,9 cm.

Au niveau du bassin 3, l'épaisseur la plus élevée est constaté au nœud (10 ; 20) de 6,5 cm situé à l'entrée. Ainsi à quelques endroits du bassin, on note une hauteur maximale de 2,8 cm au nœud (10 ; 60) et une importante hauteur au nœud (30 ; 80) de 2,5 cm.

I.1.2. Distribution spatiale de la boue

Le jaugeage de la boue dans les 3 bassins par la méthode « Serviette blanche » nous a permis de déterminer la hauteur de la boue dans les différents bassins. Ce jaugeage s'est fait en sept (7) jours et cela en chaque nœud ou point considéré.

Les résultats des mesures contenus dans les annexes n°2, n°3 et n°4, nous a permis sous surfer selon la méthode « Kriging » d’obtenir le modèle en perspectives 3D de l’accumulation de la boue dans les différents bassins de lagunage. Au niveau des différents bassins, l’allure de l’accumulation de la boue diffèrent d’un bassin à un autre. Les figures ci-dessous montrent clairement ces différences.

Au niveau de ce bassin 1 de la figure 9, nous constatons que la distribution est très hétérogène. On observe trois pics, dont le premier à l’entrée, le deuxième pic au milieu et le dernier pic à la sortie. Ces pics observés s’expliquent par le fait que l’eau boueuse reçue par ce bassin est très chargée de matière en suspension et arrive avec une forte pression ce qui a favorisée les dépôts de sédiments sur toute la surface du bassin d’où l’hétérogénéité de la distribution des sédiments.

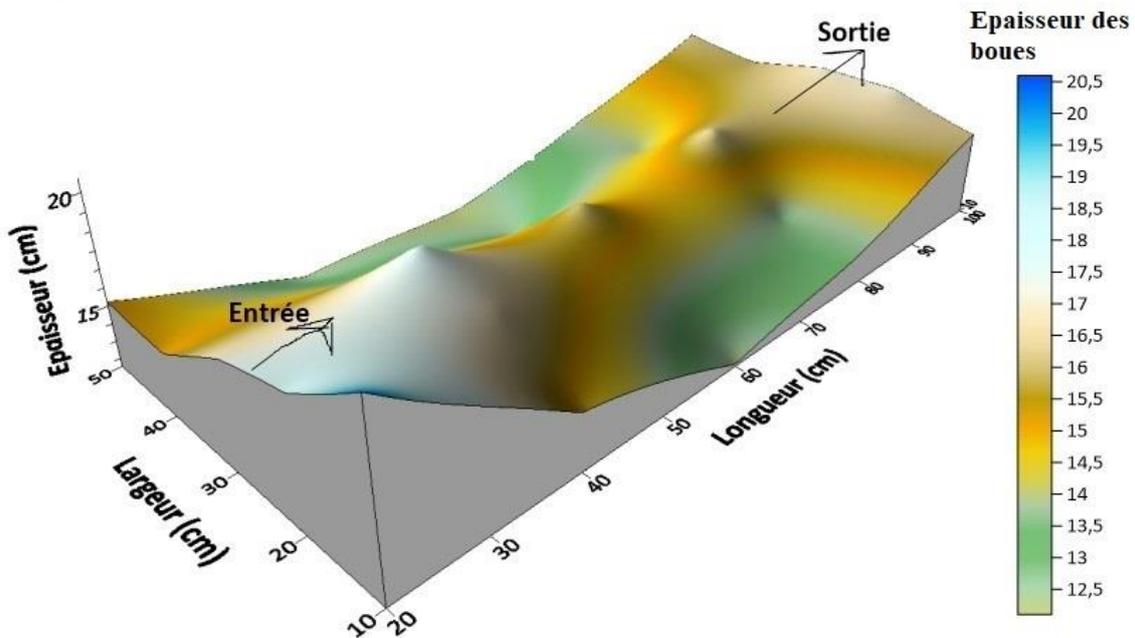


Figure 9. Cartographie de la distribution de boue dans le bassin 1

Au niveau du bassin 2 de la figure 10, la distribution n’est pas homogène sur toute la surface du bassin. Les accumulations les plus importantes sont représentée à certains endroits c’est-à-dire à l’entrée et à la sortie de ce bassin. Cette forte accumulation à l’entrée est due à la chute libre au niveau du talus d’entrée de pente 90° favorisant une décantation provoquée à ce niveau. Ainsi l’eau boueuse dans son cheminement trouve le talus de sortie forçant cette eau boueuse faiblement chargée en MES de décanter sur place d’où l’importante accumulation de la boue à la sortie.

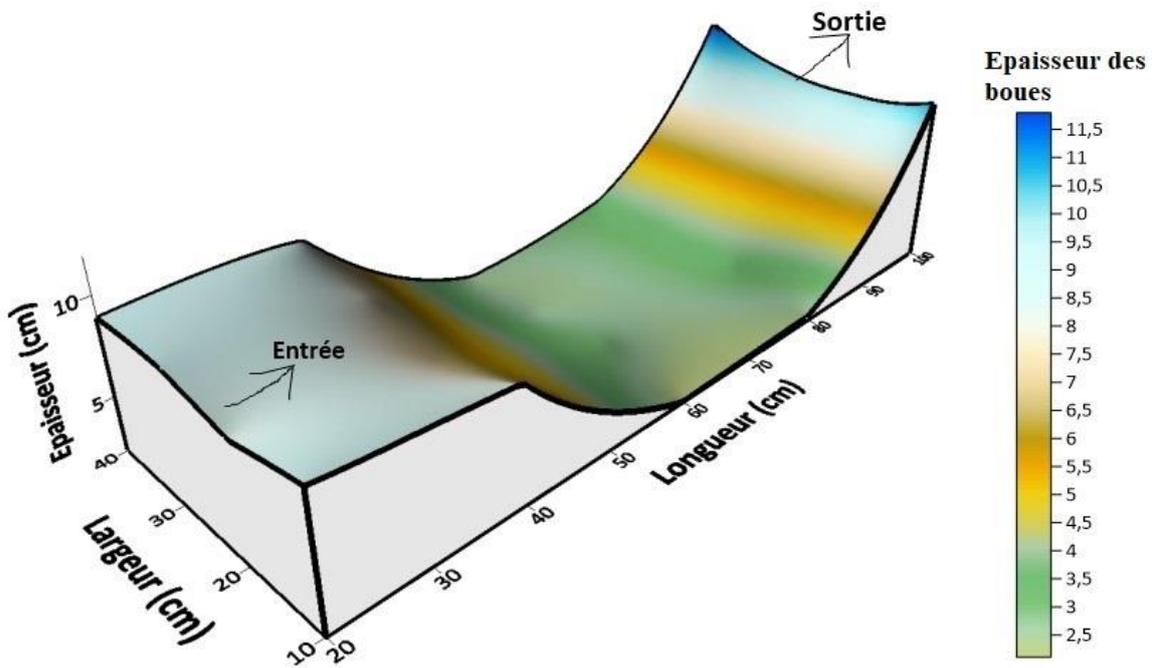


Figure 10. Cartographie de la distribution de boue dans le bassin 2

Au niveau de ce bassin 3 de la figure 11, nous remarquons que les accumulations les plus importantes sont représentées au niveau de l'entrée du bassin. Cependant quelques petits pics sont observés à quelques endroits du bassin. Cela s'explique par le fait que l'eau boueuse reçue par ce bassin est très faible en matière en suspension et arrive avec une faible pression ce qui ne permet pas un bon transport des sédiments sur toute la surface de ce bassin.

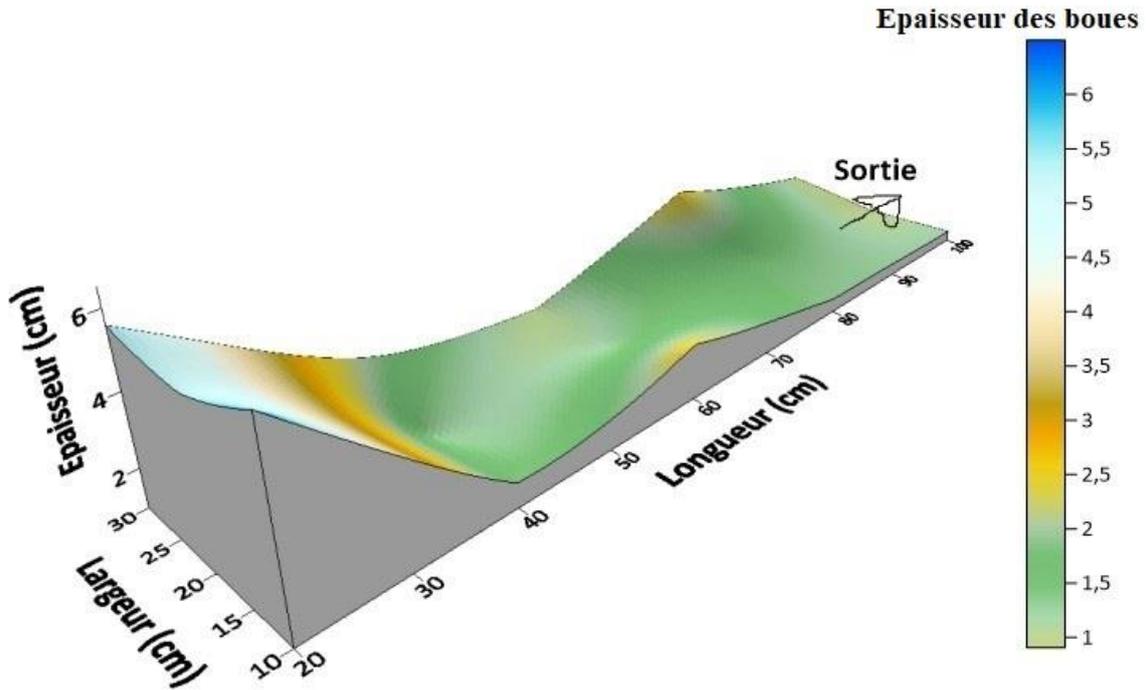


Figure 11. Cartographie de la distribution de boue dans le bassin 3

I.1.3. Volume de boues dans les bassins

Il ressort que, après une semaine de fonctionnement, les volumes de boues accumulées dans les trois bassins de lagunage à microphytes du test expérimental présentent les évolutions illustrées par la figure 12. Cette figure montre que la répartition des volumes de la boue au fond des bassins est inégale et varie le long de la chaîne du traitement. Le volume des boues est significativement plus importante dans le bassin 1 soit 78,43 % de la production totale de la boue tandis que les deux autres bassins se partagent la plus petite proportion restante, dont 18,78% pour bassin 2 et 2,79% pour le bassin 3.

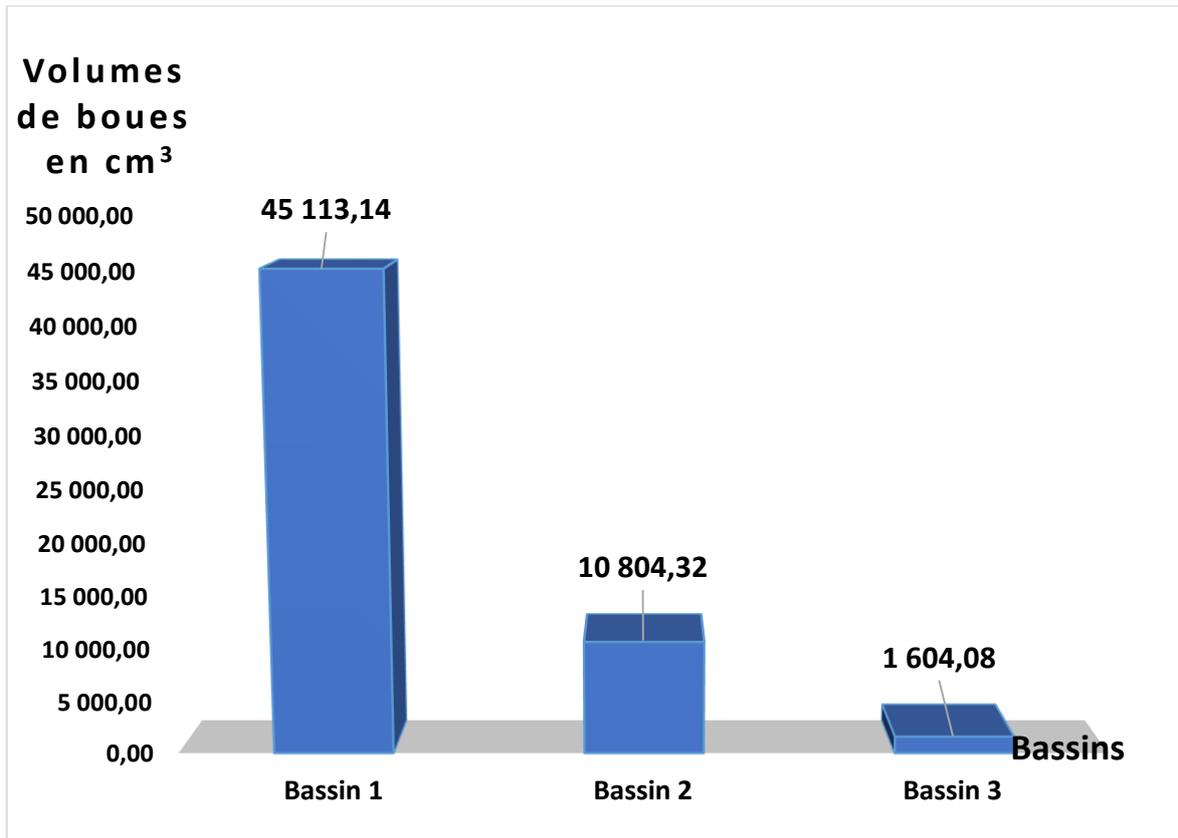


Figure 12. Volumes de boue dans les différents bassins

Le tableau III présente le volume des boues accumulées et les proportions de la boue accumulée dans les différents bassins.

Tableau III. Volume des boues accumulées et les proportions de boues accumulées

BASSINS	Volume de boues en Cm ³	Proportion de la boue volume de boue / volume total en %	Proportion de la production totale de boues pour chaque bassin en %
BASSIN 1	45 113,14	29,99	78,43
BASSIN 2	10 804,32	10,81	18,78
BASSIN 3	1 604,08	1,32	2,79

I.2. CARACTERISATION DE LA BOUE

Les mesures des épaisseurs de dépôts de sédiments au fond des béciers ont permis de réaliser le graphique ci-dessous (figure 13) qui présente les hauteurs moyennes des différents échantillons. Ce graphique nous montre une différence concernant la hauteur des dépôts des

sédiments dans le fond des béciers. Au bout de 30 min on enregistre au niveau des échantillons de l'unité 1 en bleu un dépôt de sédiments de 8,35 cm par contre on enregistre un dépôt de sédiments de 7,65 cm au niveau des échantillons de l'unité 2 en rouge. Cette différence se poursuit jusqu'à la fin du test. On constate que dans chaque cas l'unité 1 a des dépôts de sédiments plus élevés que l'unité 2.

En effet, dès les trente premières minutes, les particules de matière fines de forte masse ont chuté en premier au fond du bécier. Au fur et à mesure les particules fines les moins denses se sont déposées jusqu'à la fin du test. Ces faibles hauteurs de dépôts constatés à la fin du test sont dues à l'effet de compression ou compaction.

Avant d'atteindre le point de prélèvement, l'eau boueuse issue de l'unité 2 passe par l'ancien bassin de décantation qui est actuellement à sec et abandonné ; ce qui ralentit le transport de MES en masse. Ainsi juste le surnageant est transporté jusqu'à notre point de prélèvement. Ce qui n'est pas le cas pour l'unité 1.

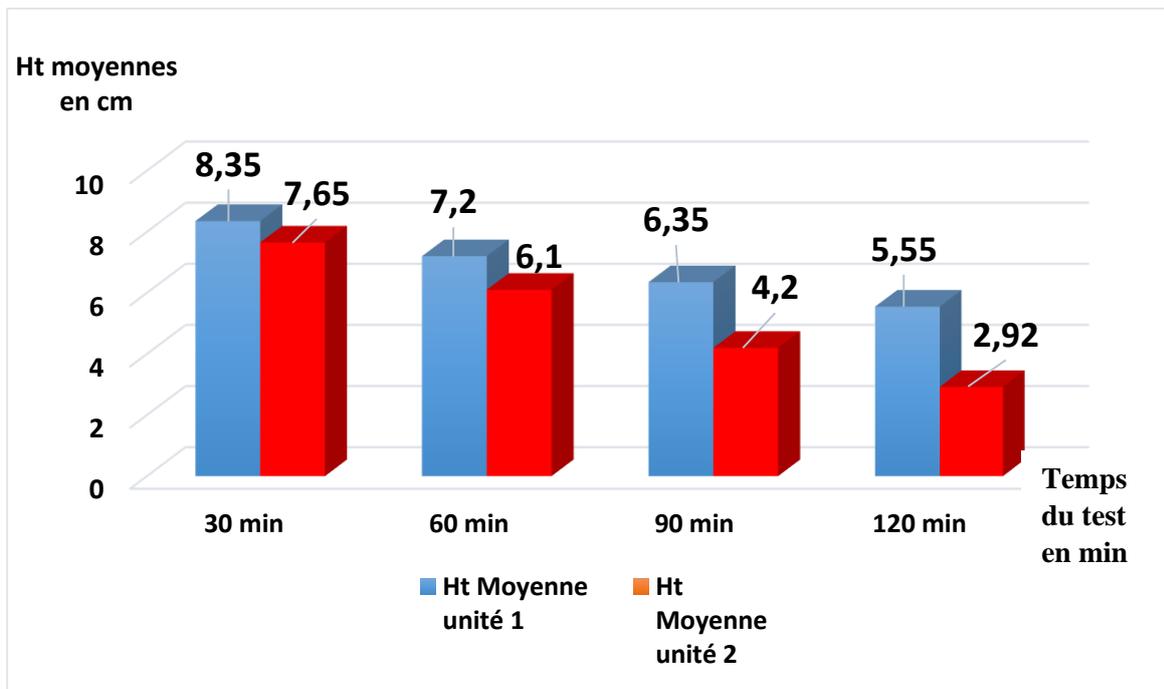


Figure 13. Hauteurs (Ht) moyennes des MES après décantation

Ce test de décantation a montré que les échantillons de l'unité 1 ont des hauteurs de dépôts de sédiments plus importantes que ceux de l'unité 2. La valeur des hauteurs constatée est de 5,55 cm pour l'unité 1 et 2,92 cm pour l'unité 1 après les deux heures de décantation des échantillons. On en déduit que les échantillons de l'unité 2 décantent plus rapidement que ceux de l'unité 1, pour la simple raison que les échantillons de l'unité 2 sont moins denses en MES que ceux de

l'unité 1. Ce qui veut dire que l'unité 1 c'est-à-dire l'unité CML produit plus de boue que l'unité 2 c'est-à-dire l'unité EMBT.

La figure 14 présente une vue claire des échantillons après décantation dans les béchers. Cette figure montre une différence en termes de couleur des échantillons. Les échantillons de l'unité 2 c'est-à-dire échantillons EMBT ont une couleur moins sombre que ceux de l'unité 1 c'est-à-dire échantillons CML. Cette différence de couleur s'explique par la teneur du minerai traitée au niveau de la laverie. Les échantillons de l'unité 2 sont moins sombres à cause de la faible teneur en manganèse qui est inférieure ou égale à 30%. Par contre les échantillons de l'unité 1 est sont beaucoup plus sombre à cause de la forte teneur de manganèse traitée à la laverie qui est supérieure à 30%.

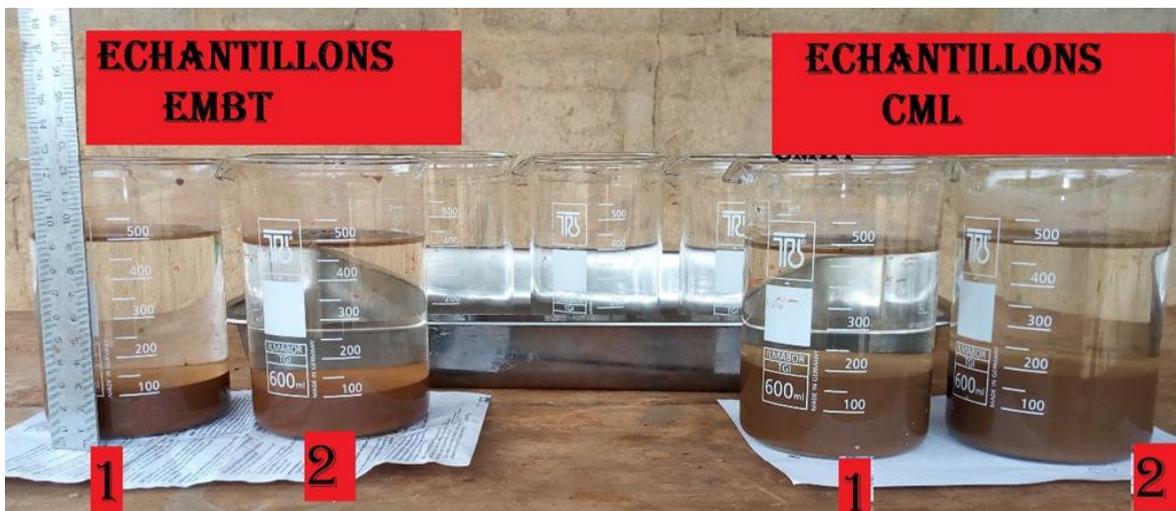


Figure 14. Echantillons après le test de décantation

I.3. TEMPS DE SEJOUR DE LA BOUE DANS LES BASSINS AVANT VIDANGE

La théorie de Mara & Person(1998), nous a permis d'obtenir les résultats du tableau IV présentant les temps de séjour de la boue (TSB) sur une semaine de test expérimental. Ce tableau nous montre que la bassin 1 a un TSB fixé à 7,5 jours soit une semaine tandis que le bassin 2 a TSB fixé à 22,5 jours soit trois (3) semaines et le bassin 3 un TSB fixé à 140 jours soit vingt (20) semaines.

Tableau IV. Détails sur les volumes des bassins et leurs temps de séjour

	VT en Cm ³	VAASJT en Cm ³	TSBAC en jour
Bassin 1	150 000	45 113,14	7,5
Bassin 2	100 000	10 804,32	22,5
Bassin 3	90 000	1 604,08	140

VT : Volume total,

VAASJT : Volume Actuel Après Sept Jours de Test

TSBAC : Temps de Séjour de la Boue Avant Curage

II. DISCUSSION

II.1. ACCUMULATION DE LA BOUE

II.2.1. Epaisseurs et distribution de boues dans les bassins

L'étude a montré que la distribution de la boue dans les différents bassins est très hétérogène. Dans le bassin 1, certains endroits dont l'entrée, le milieu et la sortie étaient plus favorables à la décantation. Par contre, dans le bassin 2 les endroits les plus favorables à la décantation étaient l'entrée et la sortie. Tandis que dans le bassin 3 seule l'entrée était plus favorable à la décantation. Cette hétérogénéité de la distribution de la boue au niveau des différents bassins s'explique par le fait que la pression avec laquelle l'eau boueuse arrive au niveau des bassins et la charge en MES contenues dans cette eau boueuse diffèrent d'un bassin à un autre. L'eau boueuse reçue par le bassin 1 est plus chargée en MES et arrive avec une pression plus forte que celle reçue par les deux autres bassins, ce qui a favorisée les dépôts de sédiments sur toute la surface du bassin 1. Mais, l'eau boueuse reçue par les autres bassins : bassin 2 et bassin 3 devient de moins en moins chargée en MES lorsque nous nous éloignons de l'usine productrice de boue et arrive avec une pression forte. Ce résultat corrobore celui de Keffala *et al.*, (2011), qui ont travaillé sur l'évaluation des taux d'accumulation et de production de boue dans des bassins de stabilisation sous climat méditerranéen : étude de cas en Tunisie. En effet, ils ont obtenu une hétérogénéité de la distribution de la boue sur les différents bassins mais cette hétérogénéité est plus représentée au niveau du premier bassin que les deux autres bassins. D'autres auteurs comme Carre *et al.*, (1990), Nelson *et al.*, (2004), Schneiter *et al.*, (1984), Cavalcanti & Van Haandel (2001), Narasiah *al.*, (1989), Legeas *et al.*, (1992), Schetrite & Racault (1995) et Namèche *et al.*, (1997) ont observé cette hétérogénéité de la distribution des sédiments. Ils ont démontré que dans un système pareil au nôtre, l'accumulation des sédiments

est plus représentée dans les premiers compartiments des bassins c'est-à-dire l'entrée, le milieu et la sortie.

II.2.2. Volumes de boues dans les bassins

Le bassin 1 enregistre un volume de boue très grande par rapport aux deux autres bassins soit 78,43% de la production totale de la boue et le reste de cette quantité de boues est redistribuée aux deux autres bassins avec 18,78% pour le bassin 2 et 2,79% pour le bassin 3. Ce taux de volume élevé au niveau du bassin 1 est dû au fait que ce bassin est directement connecté à l'usine productrice de boue donc il est destiné à récupérer la plus grande charge de boues. Ce résultat confirme celui de Sama en 2009 qui a travaillé sur la caractérisation et modélisation de l'accumulation des boues dans les bassins de lagunages à microphytes en zone de climat sahélien : cas de la step du 2ie à Ouagadougou. En effet, il a obtenu au niveau du bassin 1 un taux de 64,04% de la production totale de la boue et le reste de la production totale est redistribué aux deux autres bassins. Il a donc affirmé que le premier bassin 1 était celui-là même qui reçoit le maximum de .boues que les autres car il reçoit en premier les charges.

II.2. TEMPS DE SEJOUR DE LA BOUE

Nous ne sommes pas actuellement à un curage de boue car après les sept jours de test expérimental les volumes de boues dans nos bassins n'ont pas encore atteint le 1/3 du volume total des bassins. Mais celui du bassin Lagune 1 est proche de cela. Cependant ce temps séjour de la boue est de 7,5 jours pour le bassin 1, 22,5 jours pour le bassin 2 et 140 jours pour le bassin 3. Ce faible temps de séjours pour le bassin 1 s'explique par le fait que ce bassin reçoit en premier l'eau boueuse qui est plus chargée en matière en suspension donc la plus grande partie la production totale. Par contre les deux autres ont des TSB plus grands, ce qui est dû au fait que ces deux bassins sont plus éloignés de l'usine productrice de boue donc reçoivent moins de charge. Ce résultat diffère de celui de Bitton en 1994 qui a travaillé sur la microbiologie des eaux usées. Pour lui en culture libre, le TSB est équivalent au temps de rétention des micro-organismes, et peut être fixé entre 10 et 60 jours ou en général il est fixé à 25 et 35 jours. En effet, ces résultats diffèrent pour la simple raison que la matière utilisée et les objectifs dans ces deux d'études diffèrent. Dans notre cas d'étude la matière utilisée est très faible en matières organiques donc il n'y a quasiment pas de digestion anaérobie pour diminuer la quantité de MES reçue par les bassins.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude a permis de mieux comprendre les lagunages naturels ou à microphytes et leur fonctionnement dans le domaine minier.

Il ressort de cette étude que l'accumulation des boues dans les bassins de notre test expérimental est assez discontinue car nous remarquons que le bassin 1 reçoit plus de la moitié soit 78,43 % de la production totale de la boue de notre système et 45 113,14 cm³ en volume de boues cumulés. Les bassins 2 et 3 se partagent la proportion de la production totale de la boue restante avec 18,78 % dont 10 804,32 cm³ en volume de boues cumulés pour le bassin 2 et 2,79 % pour le bassin 3 soit 1 604,08 cm³ en volume de boues cumulés. Mais là aussi, on constate que dans le bassin 2 il y a plus de boues que dans le bassin 3. Ceci est dû au fait que plus on évolue dans le système, moins on rencontre de MES.

Concernant la distribution de la boue, les résultats ont montré qu'au niveau des différents bassins cette distribution est très hétérogène. Pour le bassin 1 les endroits les favorables à l'accumulation de la boue sont l'entrée, le milieu et la sortie. Par contre pour le bassin 2, l'accumulation est plus représentée à l'entrée et à la sortie. Pour ce qui est du bassin 3, les plus fortes accumulations étaient observées à l'entrée avec de petits pics à quelques endroits du bassin. Cette distribution a été réalisée à l'aide de la méthode « Kriging ».

Les résultats de cette étude ont aussi montré que l'accumulation des boues peut avoir des effets néfastes sur les performances du système des bassins à lagunage en occurrence le bassin 1, s'il n'est pas vidangé après une semaine de fonctionnement. Mais les deux autres bassins ont des temps de séjour plus élevés dont 22,5 jours pour le bassin 2 et 140 jours pour le bassin 2. En absence de la vidange de ces bassins, leurs performances en termes de récupération d'eau se trouveraient en baisse.

Les résultats de la caractérisation de la boue des deux unités de traitement, nous ont montré que l'unité 1 c'est-à-dire celle traitant les minerais à fortes teneurs produit plus de boues que l'unité 2 c'est-à-dire celle traitant les minerais à basses teneurs.

PERSPECTIVES

Le TSB dans les bassins étant connu, nous pouvons maintenant proposer des modèles de vidanges de la boue. Pour le curage des bassins plusieurs méthodes peuvent être utilisées (Sama, 2009) dont :

- Curage après vidange de l'eau du bassin ;
- Curage à vidange partielle ;
- Curage à sec ;
- Curage sans vidange ou Pompage direct.

Aussi ce test expérimental n'a pas encore été mis en application sur terrain réel, c'est pour cette raison que nous suggérons qu'il soit vite mis en application pour qu'on puisse comparer ces données à celles en distance et en quantité réelles, c'est-à-dire des données de terrain réelles.

REFERENCES

- Anonyme (2008). Etude de faisabilité de mise en exploitation du gisement de manganèse de Lauzoua (SODEMI, version révisée), 93 p.
- Benelmouaz A. (2015). Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia, Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master En Hydraulique, Option : Technologie de traitement des eaux, Université Abou Bekr Belkaid, Algérie, 134 p.
- Bibata T. (2006). Traitement des eaux usées domestiques par lagunage sous climat sahélien : Performances épuratoires et Influence de la photo-inhibition sur les indicateurs bactériens de pollution », pour l'obtention du DEA (Diplôme d'Etude Approfondi) en biotechnologie microbiologie cellulaire de l'Université de Ouagadougou 80 p.
- Bitton G. (1994). Wastewater microbiology, *Wiley-Liss Editor*, New York, 64(2) : 409-478.
- Brix H. (1997). Do macrophytes play a rôle in constructed wetlands ? *Water Science and Technology*, 35(5) : 11-17.
- Brou K. S. (2014). Evolution en éléments traces métalliques de la boue de traitement du minerai de manganèse de Lauzoua (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire), Mémoire de Master en Géoscience et Environnement, UFR Science et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 49 p.
- Carré J., Laigre M. & Legeas M. (1990). Sludge removal from some wastewater stabilization ponds. *Water Science and Technology*, 22 : 247-252.
- Cavalcanti P. & Van Haandel A. (2001). Polishing ponds for post-treatment of digested wastewater, part 1 : flow-through ponds. *Water Science and Technology*, 44(4) : 237-245.
- Dago A.G.B. (2014). Pétrogénèse du gisement Manganésifère de Lauzoua dans le département de Guitry (Sud de la Cote d'Ivoire). Mémoire de Master en Pétrologie- Métallogénie, UFR-STRM, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 94p.
- El Hachemi O. (2012). Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (Oasis de Figuig) : Performances épuratoires et aspects phytoplanktonique, Thèse de Doctorat, UFR Production végétale, Université Mohammed Premier Faculté des Sciences Oujda (Maroc), 140 p.
- Erikson K.M. & Aschner M. (2003). Manganese neurotoxicity and glutamate-GABA Interaction. *Neurochem International*, 43(4-5) : 475-480.
- Grandin G. (1968). Aspects exogènes du gisement de manganèse de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire). Paris, in Chron. Mines et Rech. Min. t.36 n°375, pp 199-206.

- Grandin G. (1976). Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'ouest Mém. Orstom, 82, 275 p.
- Keffala C., Effebi R., Ghrabi A., Juspin H. & Vasel J. (2011). Évaluation des taux d'accumulation et de production de boue dans des bassins de stabilisation sous climat méditerranéen : étude de cas en Tunisie, *Revue des sciences de l'eau*, 24 (1) : 63–76.
- Kiemde W. H. O. (2006). Épuration des eaux usées par lagunage à grande échelle sous climat sahélien : bilan de la station de lagunage de la ville de Ouagadougou a Kossodo après un an de fonctionnement et perspectives d'avenir, Mémoire de fin d'étude en Ingénieur Gnie Rural, Burkina Faso, 131 p.
- Leageas M., Carré J. & Laigre M-P. (1992). L'épuration par lagunage naturel. Envasement et curage des bassins, *Technologie des Sciences et Méthodologie de l'Eau*, 10 : 459-462.
- Mara D.D (2004). Domestic Wastewater treatment in developping countries, Earthscan Publications, London, 311 p.
- Mara D.D & Pearson H.W. (1998). Design manual for waste stabilization ponds in mediterranean countries, Lagoon Technology international Ltd., Leeds, England. 112 p.
- Namèche T., Chabir D. & Vasel J-L. (1997). Characterization of sediments in aerated lagoons and waste stabilization ponds, *International Environment Analysis. Chemical*, 68 (2) : 57-279.
- Nangah K. Y. (2014). Caractérisation pédologique et distribution des éléments traces métalliques dans les sols manganésifères dérivés de matériaux volcano-sédimentaires en Côte d'Ivoire. Thèse unique de doctorat, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire. 159 p.
- Narasiah K.S., Marin M. & Shoiry J. (1989). Sludge accumulation in aerated facultative lagoons operating in colder climate. Dans : International Conference On Small Wastewater Treatment Plants, H. ODEGAARD (Éditeur), Trondheim, Norvège, 26-28 juin, pp 89-94.
- Nelson K.L., Jiménez B., Tchobanogious G. & Darby J.L. (2004). Sludge accumulation, characteristics, and pathogen inactivation in four primary stabilization ponds in Central Mexico, *Water research*, 38 : 111-127.
- Oudra B. (1990). Bassins de stabilisation anaérobie et aérobie facultatif pour le traitement des eaux usées à Marrakech : Dynamique du phytoplancton (Microplancton et Picoplancton) et évaluation de la biomasse primaire. Thèse de 3ème cycle, Université Cadi Ayyad (Marrakech, Maroc), 124 p.

- Papon A. (1973). Géologie et minéralisations du sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Bulletin de la Direction des Mines et de Géologie de Côte d'Ivoire, n° 6 et Mém. BRGM, France, n° 80.
- Peña M., Mara D. & Sanchez A. (2000). Dispersion studies in anaerobic ponds implications for design and operation. *Water Science and Technology*, 42 (10-11) : 273-282.
- Sama H.M. (2009). Caractérisation et modélisation de l'accumulation des boues dans les bassins de lagunages à microphytes en zone de climat sahélien : cas de la step du 2ie à Ouagadougou, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Master en Eau et Environnement, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement 2iE, Burkina Faso, 88 p.
- Satin M. & Selmi B. (1999). Guide technique de l'assainissement, 2ème édition, 680 p.
- Schetrite S. & Racault Y. (1995). Purification by natural waste stabilization pond : influence of on treatment quality and sediments thickness. *Water Science Technology*, 31(12) : 191-200.
- Schneiter R.W., Middlebrooks E.J. & Sleter R.S. (1984). Wastewater lagoon sludge characteristics. *Water Research*, 18(7) : 861-864.
- Zanone L. (1964). Le manganèse de Côte d'Ivoire. Rapport de fin de mission. Rapport SODEMI, Abidjan. n°44 bis (tome 1 et 2), 273 p.
- Zlotkin S.H., Atkinson S. & Lockitch G. (1995). Trace element in nutrition for premature infants, *ClinPerinatol*, 22: 223-240.

ANNEXES

+

Annexe 1. Production de la laverie du mois d'Avril

 COMPAGNIE MINIERE DU LITTORAL		SERVICE LAVERIE							
Date	Alimenta- tion de la Grille en tonne	Alimenta- tion du Concasseur en tonne	Aliment a -tion totale	Grossier Lavé de 6/80 en tonne	Fin Lavé de 0,5/6 en tonne	Taux de Récupe ration	Temps d'Arrêt en heure	Taux de Traite ment	Temps Total Traitem ent en
01/04/2019	2 234,00		2 234,00	1 172,78	224,80	63%	7,97	66,8%	16,03
02/04/2019	952,00	1 889,50	2 841,50	1 635,12	467,79	74%	5,28	78,0%	18,72
03/04/2019	1 085,50		1 085,50	618,25	115,56	68%	15,50	35,4%	8,50
07/04/2019		1 036,00	1 036,00	628,45	237,06	84%	16,32	32,0%	7,68
09/04/2019		1 677,50	1 677,50	947,18	238,91	71%	11,17	53,5%	12,83
10/04/2019	2 217,00		2 217,00	1 204,64	182,07	63%	7,20	70,0%	16,80
11/04/2019	1 519,00		1 519,00	937,01	196,22	75%	8,93	62,8%	15,07
12/04/2019	224,00	2 700,00	2 924,00	1 822,88	529,58	80%	3,58	85,1%	20,42
13/04/2019	2 466,00		2 466,00	1 513,64	261,85	72%	1,95	91,9%	22,05
14/04/2019	1 395,00	679,50	2 074,50	1 228,93	321,39	75%	5,45	77,3%	18,55
15/04/2019		2 307,50	2 307,50	1 287,51	301,05	69%	4,72	80,3%	19,28
16/04/2019	2 314,50		2 314,50	1 249,23	230,77	64%	4,45	81,5%	19,55
17/04/2019	840,50	1 599,00	2 439,50	1 276,28	376,36	68%	7,17	70,1%	16,83
18/04/2019	749,00	1 386,00	2 135,00	1 293,37	398,02	79%	6,30	73,8%	17,70
20/04/2019	2 646,50		2 646,50	1 490,89	356,36	70%	0,58	97,6%	23,42
21/04/2019		728,00	728,00	463,35	163,42	86%	18,62	22,4%	5,38
22/04/2019	1 128,50	735,00	1 863,50	970,88	233,23	65%	9,40	60,8%	14,60
23/04/2019		1 604,00	1 604,00	857,39	276,39	71%			24,00
24/04/2019	2 158,00		2 158,00	1 189,09	283,57	68%	2,50	89,6%	21,50
25/04/2019	2 123,50		2 123,50	1 214,96	261,91	70%	2,67	88,9%	21,33
26/04/2019	2 004,50		2 004,50	1 085,82	290,02	69%	3,43	85,7%	20,57
27/04/2019	1 993,00		1 993,00	1 243,40	354,12	80%	4,93	79,4%	19,07
28/04/2019	1 162,00	1 015,00	2 177,00	1 266,48	323,71	73%	5,97	75,1%	18,03
29/04/2019	2 388,00		2 388,00	1 127,53	321,66	61%	1,93	91,9%	22,07
30/04/2019	1 659,00		1 659,00	838,69	209,13	63%	8,52	64,5%	15,48
TOTAL	33 259,50	17 357,00	50 616,50	28 563,76	7 154,97	59,2%	284,53	59,1%	435,47

Annexe 2. Prise de mesure des épaisseurs de boues pour le bassin Lagune 1

Nœuds	JOUR1	Jour2	JOUR3	JOUR4	JOURS5	JOUR6	JOUR7
[10;20]	7,8	9,1	13,5	14,1	14,9	16	20,6
[10;40]	9,2	11,5	13,7	12,4	11,7	14,2	14,8
[10;60]	3,5	5,2	6,2	8,6	10,2	9,1	12,2
[10;80]	5,6	8,3	10,3	9,1	7,8	10,2	13,6
[10;100]	4,2	7,2	10,25	10,2	10,8	12	16,2
[20;20]	6,8	8,1	12,2	11,8	11,1	11,8	18,1
[20;40]	8,1	11,2	14,2	14,8	15	15,8	16,8
[20;60]	2,5	4,8	6,7	7,2	8,4	11,8	14,2
[20;80]	4,2	7,2	8,1	9,1	10,1	12,5	13,6
[20;100]	6,3	7,1	9,5	9,8	10,95	12,3	17,1
[30;20]	6,2	10,2	13,45	13,7	14,2	14,2	17,1
[30;40]	9	7	12,1	12,5	12,7	14,8	17,8
[30;60]	3,3	4,2	5,2	10,5	12,1	14,2	16,1
[30;80]	5,1	4,9	4,5	8,2	10,1	12,1	16,5
[30;100]	4,1	5,3	7,8	9,1	10,5	11,5	16,9
[40;20]	7,2	9,8	12,6	13	13,2	13,9	15
[40;40]	5,8	7,1	10,3	10,8	11,2	12,6	14,1
[40;60]	3,5	3,9	5,1	7,8	9,5	10,2	12,6
[40;80]	5,5	6,9	9,7	10,6	11,2	12,1	13,9
[40;100]	3,1	4,9	6,3	8,9	11,7	14	15,89
[50;20]	2,8	5	9	11,2	12,2	13	15,2
[50;40]	3	4,6	6	7,3	9	10	12,3
[50;60]	0,9	1,9	3,5	6,2	8,7	10	12,1
[50;80]	1,5	2,1	4,6	7,3	9,6	11	14
[50;100]	1,5	2,3	3	6	11,2	14,6	16,2

Annexe 3. Prise de mesure des épaisseurs de boues pour le bassin Lagune 2

Nœuds	Jour1	Jour2	Jour3	Jour4	Jour5	Jour6	Jour7
[10;20]	0,02	1,6	3	5,1	7,1	8,1	10,3
[10;40]	1	1,9	2,9	3,9	5,9	6,9	8,2
[10;60]	0	0,4	0,7	1	1,5	1,9	4,2
[10;80]	0,09	0,8	1	1,2	1,6	1,9	4,5
[10;100]	1,5	2	3,2	6	7,9	9,2	13,6
[20;20]	1,05	2,1	4	6,1	7,8	8	8,2
[20;40]	1,2	2,6	4,5	6,9	8,2	7,5	6,8
[20;60]	0,9	0,8	1,2	1,9	2	2,5	3
[20;80]	1,3	1,2	1,5	2	2,5	3	3,5
[20;100]	1,25	2,3	5	6,5	7,9	9	11,9
[30;20]	1,2	2,1	3,4	5,6	8,6	8,9	9
[30;40]	1,5	1,9	2,9	4,2	7,2	8	7,7
[30;60]	0,99	0,9	1	1,2	1,5	2	4,6
[30;80]	0,89	0,87	0,9	1	1,5	2,3	5,8
[30;100]	1,3	2,5	4,9	6,3	7,9	9,4	10,6
[40;20]	0,8	2,3	4,1	6,3	8,2	8,4	8,9
[40;40]	1,5	1,9	3,6	5,3	7,5	8,1	8,6
[40;60]	0,1	0,6	0,9	1,2	1,8	2,1	4,9
[40;80]	0,7	1,2	1,6	1,8	2,1	3	5,25
[40;100]	1,4	2,1	5,2	6,9	8	9,8	11,9

Annexe 4. Prise de mesure des épaisseurs de boues pour le bassin Lagune 3

Nœuds	Jour1	Jour2	Jour3	Jour4	Jour5	Jour6	Jour7
[10;20]	Mesure impossible	0,9	1,9	0,3	2,5	4	6,5
[10;40]	Mesure impossible	0,6	0,9	0,3	0,5	1,6	1,6
[10;60]	Mesure impossible	0,2	0,3	0,3	2,6	2,6	2,8
[10;80]	Mesure impossible	0,08	0,2	1,2	0,5	0,9	1,3
[10;100]	Mesure impossible	0,09	0,2	2,1	0,5	0,8	1,2
[20;20]	Mesure impossible	1,2	1,9	0,1	3	4,5	5,4
[20;40]	Mesure impossible	0,5	0,5	0,1	1	1,2	1,3
[20;60]	Mesure impossible	0,1	0,5	0,6	0,8	1	1,2
[20;80]	Mesure impossible	0,02	0,05	0,8	0,2	0,5	0,9
[20;100]	Mesure impossible	0,05	0,09	2,5	0,2	0,5	0,9
[30;20]	Mesure impossible	1,6	2	0,5	3	4,2	5,6
[30;40]	Mesure impossible	0,6	0,6	0,6	1,3	1,9	2,1
[30;60]	Mesure impossible	0,2	0,5	0,6	0,6	0,9	1
[30;80]	Mesure impossible	0,08	0,1	1,1	0,6	0,9	1,2
[30;100]	Mesure impossible	0,04	0,1	2,6	0,5	0,8	1

RESUMÉ

La présente étude, basée sur la conception d'un système de lagunage au laboratoire vise à répondre aux besoins de la mine de manganèse de Lauzoua en termes de gestion de la boue de lavage. Le système de lagunage est constitué de trois (3) bassins de différentes dimensions dénommés bassin 1, bassin 2 et bassin 3 montés en série. Dans cette étude nous avons évalué la hauteur des boues dans les différents bassins à travers la méthode de « la serviette blanche » décrite par (Mara, 2004), modélisé la distribution des dépôts de boues dans les différents bassins dans le logiciel Surfer 15 par la méthode de « Kriging » et le volume de boues de chaque bassin a été calculé dans le logiciel Surfer 15 par la méthode « Simpson's 3/8 ». La distribution ainsi que le volume des sédiments sont très inégaux. Le bassin de Lagune 1 a une distribution des sédiments plus hétérogènes et un volume de dépôts de boues plus élevé que les deux autres bassins. Après localisation des dépôts de sédiments et détermination des volumes de boues dans chaque bassin, un temps de séjour de la boue avant vidange a été déterminé. Pour le bassin 1, le TSB est estimé à 7,5 jours, 22,5 jours pour le bassin 2 et 140 jours pour le bassin 3.

Mots clés : Lagunage naturel ou à microphytes, boue de lavage, manganèse.

Summary

This study, based on the design of a laboratory lagooning system, aims to meet the needs of the Lauzoua manganese mine in terms of washing mud management. The lagoon system consists of three (3) basins of different sizes called basin 1, basin 2 and basin 3 mounted in series. In this study we assessed the height of sludge in different basins using the "white towel" method described by (Mara, 2004), modeled the distribution of sludge deposits in different basins in the Surfer 15 software by the "Kriging" method and the volume of sludge in each basin was calculated in surfer 15 software by the "Simpson's 3/8" method. The distribution and volume of sediments are very uneven. Lagoon Basin 1 has a more heterogeneous sediment distribution and a higher volume of sludge deposits than the other two basins. After locating sediment deposits and determining the volumes of sludge in each basin, a stay time of the mud before draining was determined. For the Basin 1, the TSB is estimated at 7,5 days, 22,5 days for the Basin 2 and 140 days for the Basin 3.

Keywords : Natural or microphyte lagoon, washing mud, manganese