

BURKINA FASO

UNITÉ - PROGRÈS - JUSTICE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT PRIVÉ



INGRIDD
Institut de Gestion des Risques Industriels et du Développement Durable



MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER EN QUALITÉ
HYGIÈNE SANTE SÉCURITÉ ENVIRONNEMENT (QHSSE)

OPTION : **GESTION DES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX**

THÈME :

**REHABILITATION PROGRESSIVE DE LA HALDE A STERILES
M1 NORD DE LA SOCIETE DES MINES DE SANBRADO
(SOMISA)**

Présenté et soutenu publiquement par : **GOUBA Folo Flore Carolle**

Devant le jury composé de :

Président du jury: **Pr SANOU Drissa**

Directeur de mémoire : **Dr KIEMA André** (Maitre de recherche)

Maitre de stage : **Mr OUEDRAOGO Judicaël** (Ingénieur HSE, directeur adjoint
environnement et développement durable de SOMISA)

Rapporteur : **Mr YAMEOGO Désiré** (ingénieur en environnement minier)

Date : Décembre 2023

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

- A mes parents pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté*
- A tous ceux qui de près ou de loin m'ont soutenu*

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués.

REMERCIEMENTS

A l'issu de ce travail, j'aimerais exprimer ma reconnaissance et mes remerciements à tous ceux qui m'ont apporté leur soutien, particulièrement :

- ✚ A INGRIDD pour tous les efforts fournis pour notre formation
- ✚ A Monsieur **Ouedraogo Hassan**, fondateur d'INGRIDD
- ✚ A Monsieur **Tapsoba François**, Directeur Général d'INGRIDD
- ✚ A Docteur **Kiema André** enseignant à INGRIDD pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de superviser nos travaux
- ✚ Au Personnel de la Société des Mines de Sanbrado pour leur accueil et leur humanisme en particulier ceux du département environnement et développement durable
- ✚ A Monsieur **Luke Holden**, directeur général de SOMISA
- ✚ A Madame **Solène Magalhaes**, directrice des ressources humaines de SOMISA
- ✚ A Monsieur **Pablo Tjoe Awie**, Manager environnement et développement durable de SOMISA
- ✚ A Monsieur **Ouedraogo Judicaël**, directeur adjoint environnement et développement durable de SOMISA qui malgré ses multiples occupations a pu consacrer son temps pour notre encadrement
- ✚ A Madame **Nakoukma Marie**, coordonnatrice environnement et développement durable de SOMISA
- ✚ A Monsieur **Tientore Yacouba**, technicien environnement et réhabilitation pour son aide précieuse et pour le temps accordé
- ✚ A Madame **Kaboré Justine**, technicienne environnement et réhabilitation qui n'a ménagé aucun effort pour notre formation
- ✚ A Monsieur **Diagbouga Emmanuel**, inspecteur de l'environnement pour son soutien et sa sympathie
- ✚ A monsieur **Zongo Edmond**, ingénieur qualité sécurité-environnement et enseignant à INGRIDD pour ses précieux conseils

SOMMAIRE

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
SOMMAIRE	III
TABLE DES ILLUSTRATIONS	IV
SIGLES ET ABBREVIATIONS	V
RESUME	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE: CADRE GENERAL	2
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DE LA ZONE D’ETUDE	3
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCEUIL	3
II. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....	6
CHAPITRE II: CADRE THEORIQUE ET SPECIFIQUE	9
I. CONTEXTE ET JUSTIFICATIF	9
II. PROBLEMATIQUE	10
III. OBJECTIF DE L’ETUDE.....	11
CHAPITRE III. METHODOLOGIE	12
I. REVUES DE LITTERATURE	12
II. COLLECTES DE DONNEES	13
III. MATERIELS	16
IV. RESULTATS ATTENDUS	17
DEUXIEME PARTIE: RESULTATS	18
CHAPITRE IV : PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS	19
I. PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA REHABILITATION PHYSIQUE (GEOTECHNIQUE)	19
II. PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA REHABILITATION BIOLOGIQUE	24
CHAPITRE V : DISCUSSIONS- PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI- RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	31
I. DISCUSSIONS.....	31
II. PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI	32
III. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	33
CONCLUSION	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35
TABLE DES MATIERES	37
ANNEXES	39

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1: Résultats définitifs du RGPH 2019.....	6
Tableau 2: Répartition des ethnies de la zone.....	6
Tableau 3: Détails de la Flore du site de SOMISA	8
Tableau 4: Résultats d'analyse du top soil utilisé pour le revêtement du waste dump M1 Nord .	20
Tableau 5: Propriétés des espèces choisies dans la réhabilitation minière.....	26
Tableau 6: tableau récapitulatif des espèces et nombre d'arbres plantés sur le waste dump.....	27
Tableau 7 tableau récapitulatif des espèces et quantité de semences utilisés sur le waste dump .	27

Liste des figures

Figure 1: Carte de la localisation de la zone du projet (source : SOMISA)	4
Figure 2: Organigramme de SOMISA (source: SOMISA)	5
Figure 3: Pluviométrie du site de SOMISA 2023(source : SOMISA).....	7
Figure 4: Quantité de terre oxydée et de top soil.....	22

Liste des photos

Photo 1: Travaux de revêtement avec de la terre oxydée	20
Photo 2: Travaux de re-couverture avec du top soil	20
Photo 3: vue du revêtement avec la terre oxydée et le top soil.....	20
Photo 4: Travaux de réalisation de merlons	22
Photo 5: Réalisation de rampes.....	23
Photo 6: Réalisation de canaux de drainage	23
Photo 7: Enfouissement et stabilisation des liners à l'intérieur	23
Photo 8: entreposage des roches sur les liners enfouis	23
Photo 9: Dépôt des roches sur les sillons observés	24
Photo 10: Ensemencement des herbacés sur le waste dump	24
Photo 11: Pépinière du site de SOMISA	25
Photo 12: Piquetage pour la plantation	28
Photo 13: Trouaisons pour la plantation.....	29
Photo 14: Plantation d'arbres.....	29
Photo 15: Apport de compost aux arbres plantés.....	30
Photo 16: Prise des paramètres in situ du compost.....	30
Photo 17: Retournement du compost.....	30

Liste des annexes

Annexe 1: Représentation du pH du compost	40
Annexe 2: Représentation de la température du compost.....	40
Annexe 3: Résultats d'analyse du top soil	41
Annexe 4: Site d'emprunt de la terre oxydée	42
Annexe 5: Site d'emprunt du top soil.....	42
Annexe 6: Pousse des premiers herbacés.....	43
Annexe 7: Etat de croissance des herbacés avant la plantation d'arbres	43
Annexe 8: Vu du waste dump avant la réhabilitation progressive	44
Annexe 9: Vu du waste dump après nivellement de la plateforme.....	44
Annexe 10: Vu du waste dump à la fin des travaux de réhabilitation physique.....	45
Annexe 11: Vu du waste dump après la poussée des premiers herbacés épandus	45

SIGLES ET ABBREVIATIONS

ADP : Assemblée des Députés du Peuple

AIB : Agence d'Information du Burkina

AN : Assemblée Nationale

BUNASOL : Bureau National des Sols

CNT : Conseil National de Transition

DMA : Drainage minier Acide

EIES : Etude d'Impact Environnemental et Social

FIE : Fonds d'Intervention pour l'Environnement

GAE : Gestion des Aspects Environnementaux

INGRIDD : Institut de Gestion des Risques Industriels et du Développement Durable

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

MATDS : Ministère de l'Administration Territoriale, de la Décentralisation et de la Sécurité

MEEA : Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement

MEMC : Ministère de l'Energie, des Mines et des Carrières

MICA : Ministère du Commerce, de l'Industrie et de l'Artisanat

PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social

PIB : Produit Intérieur Brut

PM : Premier Ministère

PRES : Présidence

QHSSE : Qualité Hygiène Santé Sécurité Environnement

RGPH : Recensement Générale de la Population et de l'Habitation

SOMISA : Société des Mines de Sanbrado

WAF : West African Resources

RESUME

Le présent mémoire retrace les travaux réalisés sur le site de SOMISA afin de parvenir à la réhabilitation progressive de la halde à stérile M1 Nord. Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de fin d'études du cycle de Master professionnelle en qualité- hygiène- santé- sécurité- environnement (QHSSE) option gestion des aspects environnementaux (GAE). La démarche de notre étude est basée sur des revues de littérature et des travaux de terrain. Pour parvenir à une réhabilitation progressive de notre halde à stérile deux (02) phases ont été observées : la réhabilitation physique en vue de remettre d'abord en état l'environnement physique dégradé et la réhabilitation biologique qui vise à redonner vie au milieu dégradé. L'atteinte de notre objectif sur une superficie de 10 hectares de stériles miniers a nécessité 89 000 m³ de matériaux dont 53 400 m³ de terres oxydées et 35 600 m³ de terre végétale, 11 611 plantes et 50 kg de semences choisis sur la base de leurs propriétés en milieux dégradés. Des recommandations ont été formulés envers l'état et la structure d'accueil pour l'amélioration de la réhabilitation des haldes à stériles en particulier et des sites miniers en général. Cette étude laisse apparaître le caractère indispensable de la réhabilitation progressive des sites miniers et de la pauvreté des textes juridiques et législatives de notre pays sur cette thématique ; il en ressort que la surveillance et le suivi environnemental demeurent les outils efficaces pour s'assurer de l'atteinte des résultats fixés.

Mots clés :

Réhabilitation progressive, halde à stériles, suivi environnemental et surveillance environnementale

ABSTRACT

This memory retraces the work carried out on the SOMISA site in order to achieve the progressive rehabilitation on the M1 North waste dump. This memory is part of the end of study framework for the professional Master's cycle in environment health and safety quality, option management of environmental aspects (GAE). The approach of our study is based on literature reviews and field work. To achieve a progressive rehabilitation of our waste rock pile, two phases were observed: Physical rehabilitation with a view to restoring the degraded physical environment and biological rehabilitation which aims to bring the degraded environment back to life. Achieving our objective on 10 hectares of mine waste rock required 89,000 m³ of materials including 53 400 m³ of oxidized earth and 56 400 m³ of topsoil, 11,611 plants and 50kg of seeds. Recommendations were made to the state and the host structure for improving the rehabilitation of waste rock piles in particular and mining sites in general. This study reveals the essential nature of the progressive rehabilitation of mining sites and the poverty of the legal and legislative texts of our country on this theme: it emerges that surveillance and environmental monitoring remain effective tools to ensure the achievement of set results.

Key words:

Progressive rehabilitation, waste dump, environmental monitoring

INTRODUCTION

Le Burkina Faso connaît depuis les années 2000 un boom minier aurifère, le secteur minier Burkinabè est aujourd'hui considéré comme l'un des plus attractifs et des plus dynamiques de l'Afrique de l'Ouest. Le pays compte à ce jour 12 mines industrielles en activités contribuant à 16.9% en 2021 au Produit Intérieur Brut de l'état (AIB). Malgré les revenus économiques, force est de reconnaître que les activités minières représentent une source de pollution pour l'homme et son environnement. L'exploitation minière produit d'énormes quantités de déchets (résidus et stériles) qui représentent plus de 90% des matières extraites. Ces dommages engendrés après fermeture ne sont pas pour la plupart réhabilités, ce qui crée des problèmes environnementaux. Au regard des impacts environnementaux de ses activités et de l'importance de la préservation de l'environnement, SOMISA se prête à la réhabilitation de son site. C'est dans cette même perspective qu'elle a établi un plan de réhabilitation progressif de ses terres non exploitées d'où le cas de la halde à stériles de la fosse M1 Nord dont il est question dans cette étude.

Il s'agira pour nous dans la suite de notre réflexion de :

- présenter la structure d'accueil et la zone d'étude
- faire un état des lieux des travaux entrepris pour la réhabilitation de la halde à stérile M1 Nord
- proposer des mesures pour une amélioration de la réhabilitation

Le présent document se présente en deux parties dont la première porte sur les généralités et la seconde sur les résultats. La première partie comporte la présentation de la zone d'étude, du cadre théorique et spécifique et de la méthodologie de travail. La seconde partie présente l'état des lieux des activités de réhabilitation progressive de la halde à stérile M1 Nord, suivie de notre contribution pour une amélioration de la réhabilitation.

PREMIERE PARTIE: CADRE GENERAL

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL

1. Présentation de WAF

West African Resources (WAF) est une société minière (d'exploration et d'exploitation) australienne cotées à l'ASX (Australian Stock Exchange).

West African Resources (WAF) est propriétaire des sociétés d'explorations de TANLOUKA SARL, WURA Resources PTY LTD SARL, West African Resource Development (WAR-D) au Burkina Faso, et est détentrice du permis d'exploitation aurifère de la grande mine industrielle de Sanbrado (SOMISA.SA) conformément au Décret N°2017-0104/PRES/PM/MEMC /MINEFID/MEEVCC du 13 mars 2017, et de l'Arrêté N°2018-139 MMC/SG/DGMG portant modification du plan initial de développement de la grande mine d'or de Sanbrado (SOMISA). En 2021, WAF a acquis les actifs de la société Volta Ressources au Burkina, KIAKA GOLD SARL dont le projet TOEGA et KIAKA SA.

2. Présentation de SOMISA

14ème mine industrielle au Burkina Faso et première mine d'or industrielle de la Région du Plateau Central, le gisement de la mine d'or de Sanbrado est mis en valeur par la Société Minière de Sanbrado (SOMISA.SA), qui est une société de droit Burkinabé détenue à 90% par WAF et 10% par l'Etat Burkinabé. La signature de la convention minière entre SOMISA SA et l'Etat Burkinabé est intervenue le 22 juillet 2019. L'exploitation de la mine d'or de Sanbrado se fait en carrière et en sous-terrain.

La zone d'étude se situe en Afrique de l'Ouest au Burkina Faso. Elle est localisée dans la commune rurale de Boudry, dans la province du Ganzourgou, l'une des trois provinces de la Région du Plateau-Central dont le chef-lieu est Ziniaré. Elle est située à environ 90 km (à vol d'oiseau) au sud-est de la capitale Ouagadougou, et approximativement à 20 km (à vol d'oiseau) au sud de Mogtêdo. Elle couvre une superficie totale de 116km², comprenant un permis d'exploitation minière de 25,86 km² et un permis d'exploration. Les coordonnées du projet sont 0° 51'' de longitude ouest et 12° 1'' de latitude nord.

La zone d'étude se trouve à proximité des villes de Mogtêdo et de Zorgho. Elle est bien couverte par la téléphonie mobile (tous les réseaux nationaux sont accessibles). On y accède

par la route RN4 bitumée reliant Ouagadougou aux frontières avec le Niger, le Togo et le Bénin :

- (i) à partir de Mogtédou (environ 30 km), la zone est accessible par une route latéritique secondaire globalement en bon état, en passant par les villages de Yaïka, de Tanlouka et de Tallé ;
- (ii) à partir de Zempasgo, à environ 25 km, sur une route aménagée (accessible en toute saison) en passant par Boudry (chef-lieu de la commune) et par Nédogo, la 3^{ème} plus grande localité de la commune de Boudry (après Boudry et Boéna).

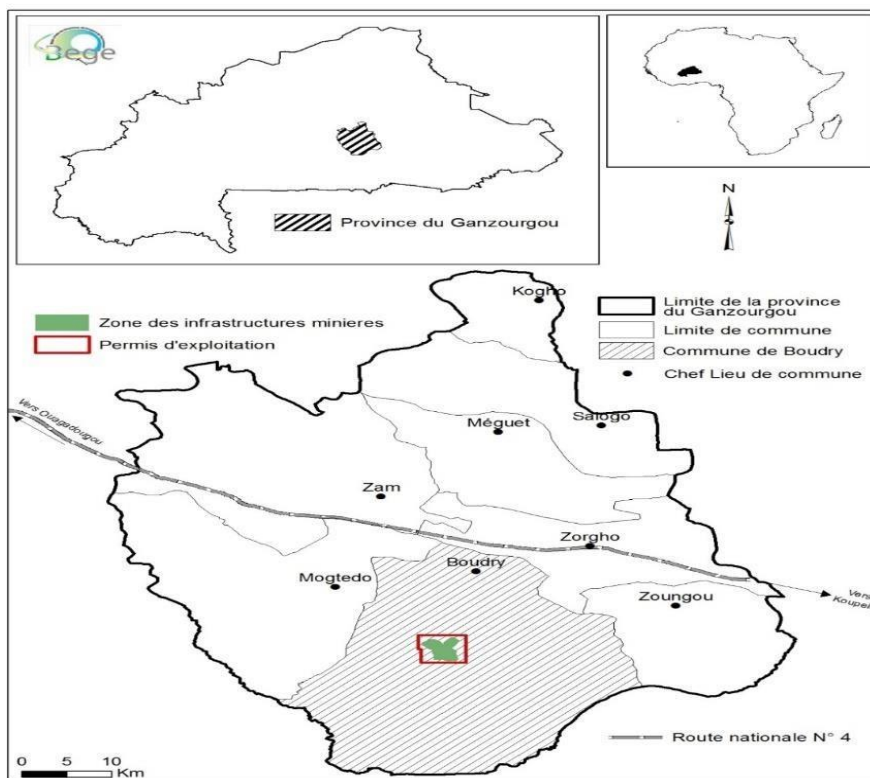


Figure 1: Carte de la localisation de la zone du projet (source : SOMISA)

Elle est constituée des départements ci-dessous :

- ✓ Département Direction Générale
- ✓ Département OHS (HSE, ERT, Santé)
- ✓ Département Développement Durable (Environnement, Relations Communautaires)
- ✓ Département de la Mine (Géologie, Topographie, Mine UG, Mine OP)
- ✓ Département des Ressources Humaines (RH)
- ✓ Département Terrassement

- ✓ Département de la Sécurité
- ✓ Département de la Logistique
- ✓ Département Usine (Maintenance, Métallurgie, Electricité, Opérations)
- ✓ Département Administration (IT, Administration Ouaga, Affaires corporatives)
- ✓ Camp/ Infrastructures
- ✓ Département Finances

3. Organigramme de SOMISA

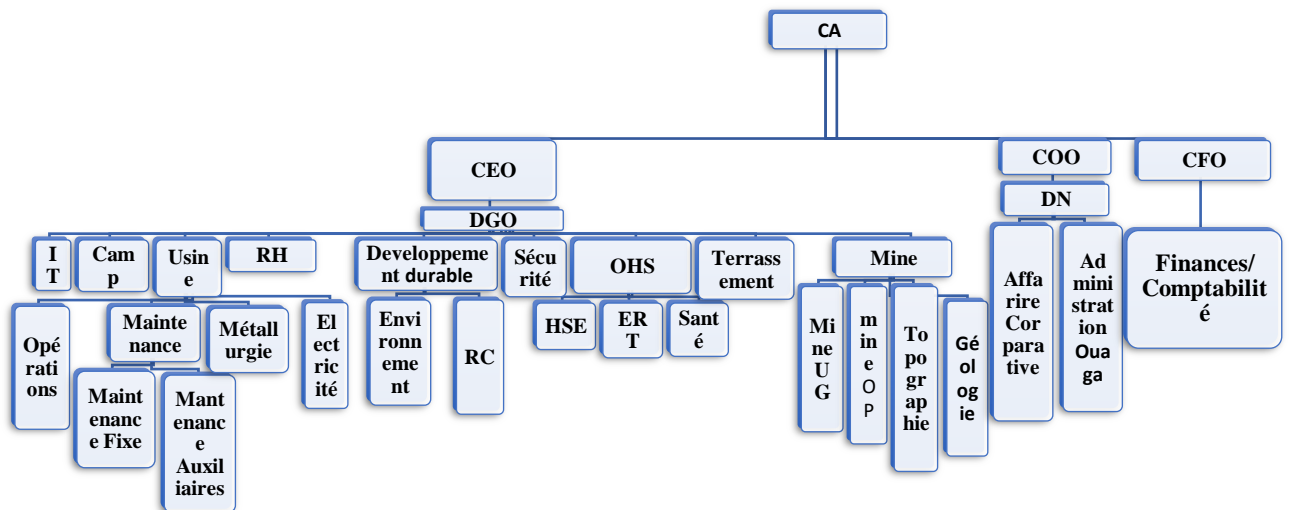


Figure 2: Organigramme de SOMISA (source: SOMISA)

II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Caractéristiques socio-économiques

➤ Démographie de la zone d'étude

Au dernier Recensement Générale de la Population et de l'Habitation, la population de la commune de Boudry était évaluée à 123 070 soit 58 242 femmes et 64 828 hommes répartis dans 21 218 ménages. Les villages concernés par le permis d'exploitation sont ceux de Sanbrado, une partie de Pousghin, de Maninsé et de Mankarga traditionnel

Tableau 1: Résultats définitifs du RGPH 2019

Sexe	Effectif
Masculin	58 242
Féminin	64 828
Total	123 070

Source : Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD)

➤ Ethnies rencontrées

03 grands groupes ethniques se partagent la commune de Boudry, ce sont des Mossis en majorité, des Bissa et des Peulhs. Dans la zone du permis les Mossis représentent 88,8% des ménages, les Peulh 11.2 %et autres (Bissa, Dioula) 2%. Ainsi les principales langues de communication rencontrées sont le Mooré et le Fulfuldé

Tableau 2: Répartition des ethnies de la zone

Ethnies	Effectif	Pourcentage
Mossi	217	88.8
Peulh	28	11.2
Autres	5	2
Total	250	100

Source : INGRID 2015

➤ Activités économiques

La population de Boudry est majoritairement occupée par les activités économiques que sont :

- l'agriculture qui constitue la première source d'économie

-l'élevage qui est la seconde source de revenus

- l'orpaillage vient en troisième position et est pratiquée dans les villages de Pousghin, Ouayalgui v3- frontière de Komtoèga (province du Boulgou), Yaïka, Mankarga V3, Tanwaka, Mankarga V8 et Tanlouka

- le commerce comme dernière source de revenus

(Source : SOMISA SA, 2018. Projet d'actualisation de l'étude d'impact environnemental et social du projet aurifère de Sanbrado dans la commune de Boudry/ province du Ganzourgou/ Région du plateau central, Burkina Faso, 404 p)

2. Caractéristiques biophysiques (la pluviométrie)

Les quantités d'eaux enregistrées au niveau des pluviomètres de SOMISA sont représentées dans le graphique ci-dessous :

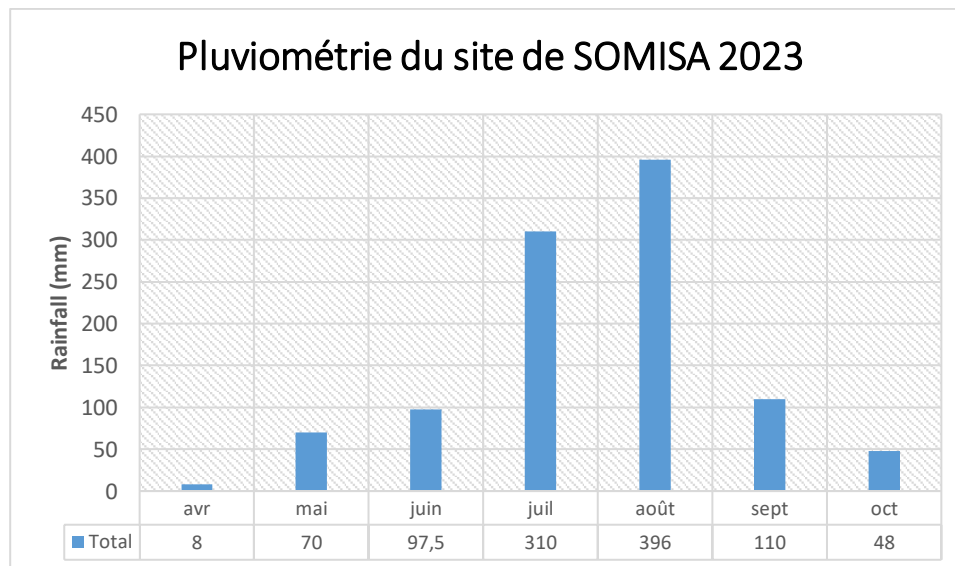


Figure 3: Pluviométrie du site de SOMISA 2023(source : SOMISA)

Le mois d'Avril est le moins pluvieux avec 8 mm contre 396 mm pour le mois d'Aout qui enregistre la plus grande quantité de pluie.

3. Caractéristiques biologiques (la flore du site)

Une enquête réalisée sur le site de SOMISA en 2015 et en 2018 a permis d'identifier un total de 22 familles et 44 espèces au niveau ligneux. Les familles et les espèces les plus dominantes de la zone sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 3: Détails de la Flore du site de SOMISA

Famille	Nom scientifique	Nom local	Taux de couverture (%)
Balanitaceae	<i>Balanites aegyptiaca</i>	kiegla	15.5
	<i>Cassia sieberiana</i>	gonmuga	11.5
Combretaceae	<i>Anogeissus leiocarpa</i>	siiga	7.2
	<i>Combretum micranthum</i>	randiga	13.3
	<i>Combretum glutinosum</i>	kuenga	4.8
Anacardiaceae	<i>Lannea microcarpa</i>	sabaga	6.1
	<i>Sclerocarya birrea</i>	nobga	5.7
Ebenaceae	<i>Diospiros mespiliformis</i>	gaaka	5.5
Mimosaceae	<i>Acacia gourmensis</i>	gampagnadega	4
Burseraceae	<i>Bosweilla dalzielli</i>	Kuumda yaaogo	3.7
Sapotaceae	<i>Vitellaria paradoxa</i>	taanga	13.56

(Source : SOMISA SA 2019. Floral species Sanbrado Gold project, commune de Boudry/ province du Ganzourgou/ Région du plateau central, Burkina Faso, 95p)

CHAPITRE II: CADRE THEORIQUE ET SPECIFIQUE

I. CONTEXTE ET JUSTIFICATIF

L'exploitation minière apparait comme un domaine clé pour le développement de plusieurs pays. Au Burkina Faso ce secteur contribue de plus en plus au développement ; les recettes minières sont passés de 2021,941 milliards à 2099,1 milliards de Francs CFA de 2021 à 2022 (AIB). Bien que les activités minières soient génératrices de revenus elles sont responsables de la pollution de l'environnement à toutes les phases (exploration, construction, exploitation, fermeture) et sur tous les plans (eau, air, sol). Au regard des impacts environnementaux associés aux projets miniers et dans le souci du développement durable, le Burkina Faso s'est doté de lois et de règlements obligeant les promoteurs à respecter l'environnement, ce sont principalement :

- La loi N°0052/97/ADP du 30 janvier 1997, portant Code de l'Environnement au Burkina Faso remplacée par celle N°006-2013/AN du 02 avril 2013, portant code de l'environnement au Burkina Faso qui stipule en son article 17 que « les activités susceptibles d'avoir des incidences significatives sur l'environnement sont soumises à l'avis préalable du ministre de l'environnement. L'avis est établi sur la base d'une Etude d'impact ou une notice d'impact sur l'environnement » ;
- La loi N°006/97/ADP du 31 janvier 1997, portant Code Forestier au Burkina Faso remplacée par celle du 003-2011/AN du 05 avril 2011, qui stipule en son article 50 que « toute réalisation de grands travaux entraînant un défrichement est soumise à une autorisation préalable du Ministre chargé des forêts sur la base d'une Etude d'Impact sur l'Environnement » ;
- La loi N°23/94/ADP du 13 mai 1994, portant Code de santé publique au Burkina Faso ;
- La loi N°023/AN du 8 mai 2003, portant Code minier au Burkina Faso ; remplacée par la loi N° 036-2015/ CNT portant code minier du Burkina FASO adoptée le 29 octobre 2015 portant sur le fond de réhabilitation et de fermeture d'une mine et le fonds de développement local.
- Le décret N°2006-347 du 17 juillet 2006 portant classement des établissements dangereux, insalubres et incommodes au Burkina Faso.

- Le décret N°2015-1205/PRES/TRANS/PM/MERH/MEF/MARHASA/MS/MRA/MICA/MME/MIDT/MATD du 28 octobre 2015, portant normes et conditions de déversement des eaux usées.
- Le décret N°2015-1187/PRES-TRANS/PM/MERH/MATDS/MME/MS/MARHASA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT du 22 octobre 2010, portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental introduit trois catégories pour les activités susceptibles d'avoir des impacts significatifs directs ou indirects sur l'environnement
- Le décret N° 2017-068 068 en date du 15 février 2017 portant sur la réhabilitation et la fermeture des mines stipule que le titulaire d'un permis d'exploitation industrielle doit préparer un plan des travaux de réhabilitation et de fermeture pour le site minier

Au regard de l'impact de ses activités et conformément au cadre législatif et réglementaire en vigueur, la société des mines de Sanbrado (SOMISA) a mis en place un plan de gestion de réhabilitation et de végétalisation s'appuyant sur le plan de réhabilitation et de fermeture de la mine afin de réhabiliter et de revégétaliser progressivement ces terres qui ne sont plus exploitables dont les stériles miniers (haldes à stériles).

II. PROBLEMATIQUE

La réhabilitation progressive d'une halde à stérile présente plusieurs problématiques notamment :

- Impact environnemental : la gestion des déchets miniers, la restauration de l'écosystème perturbé et la prévention de la pollution environnementale
- Technologie de réhabilitation : le choix de technologies novatrices pour améliorer l'efficacité de la réhabilitation
- Engagement communautaire : l'implication des communautés locales afin de répondre à leurs préoccupations et d'assurer un développement socio-économique durable
- Cout de financement : pour l'atteinte efficace de l'objectif visé

- Législation et gouvernance : le respect des normes environnementales et des réglementations locales est impératif pour éviter les conséquences juridiques et environnementales

La question de la réhabilitation progressive des haldes à stérile soulève donc des aspects environnementaux, techniques, financiers et sociaux : comment concilier efficacement la réhabilitation écologique d'une halde à stériles avec les impératifs économiques de l'industrie minière et les préoccupations sociales des communautés locales dans le contexte spécifique d'une mine à ciel ouvert ? Il est crucial de mettre en place des stratégies durables pour minimiser les impacts négatifs tout en favorisant la régénération naturelle du site. L'engagement des parties, la recherche de technologies innovantes et la surveillance constante sont donc des éléments clés dans ce processus complexe. C'est dans cette optique de bien gérer l'impact de ces activités conformément au cadre législatif et juridique en vigueur et dans le but de léguer des terres utilisables aux communautés après fermeture que la société minière de Sanbrado s'est donné pour objectif de réhabiliter progressivement ces terres non exploitables notamment la halde à stérile de la fosse M1 Nord dont il est question dans notre étude.

III. OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif général de notre étude est d'aboutir à une réhabilitation progressive de la halde à stériles M1 Nord conformément au plan de réhabilitation et de végétalisation établi afin de parvenir progressivement à créer un paysage qui ne présente pas de danger pour les communautés.

De façon spécifique, il s'agira pour nous :

- de déterminer les types et les quantités de matériaux utilisés pour la réhabilitation
- d'indiquer les types de semences végétales et de plantes utilisés
- de relever les mesures prises pour lutter contre l'érosion
- de proposer des actions pour une bonne réhabilitation

CHAPITRE III. METHODOLOGIE

La démarche de notre étude est basée sur deux approches : les revues de littérature et la collecte de nos données à l'aide des matériels et outils utilisés pour l'atteinte de nos objectifs. Afin de parvenir à une réhabilitation progressive de la halde à stérile M1 Nord nous avons adopté la démarche suivante :

- la production de 27 000 plants en pépinière dont 12 000 destinés à la réhabilitation biologique du waste dump M1 Nord
- la production de compost avec la biomasse (feuilles mortes, herbes) récupérée sur site afin de faciliter la croissance des arbres à planter
- l'échantillonnage et l'interprétation des résultats d'analyse de la terre végétale pour le revêtement de la halde à stérile
- le suivi (inspection) des travaux de réhabilitation
- l'utilisation du logiciel Excel pour la compilation de nos données (tableaux, graphiques)
- l'analyse et l'interprétation des données collectées sur le terrain

I. REVUES DE LITTERATURE

Cette tâche va nous permettre de collecter des informations. D'une façon générale la littérature était abondante, nous avons utilisé :

- des ouvrages scientifiques tels que les rapports de mémoires, les articles et tous les documents relatifs à la gestion des impacts environnementaux, au plan de gestion environnemental et social et au plan de réhabilitation de SOMISA. Nous avons disposé d'une quantité importante de documents scientifiques qui ont été d'une grande portée dans le cadre de notre étude
- les textes législatifs et réglementaires de notre pays en rapport avec notre étude. Force est de constater que le cadre réglementaire et législatif de notre pays ne dispose pas d'un large contenu sur la réhabilitation des sites miniers en général et de la réhabilitation progressive en particulier.

➤ DEFINITION DES TERMES

Réhabilitation : ensemble d'opérations effectués en vue de remettre un site donné dans un état satisfaisant et compatible avec l'usage futur. Elle vise à réparer les impacts sur l'environnement de l'exploitation minière

Réhabilitation progressive : application progressive de mesures de réhabilitation tout au long de la durée de vie de la mine, réduisant ainsi les impacts cumulatifs

Restauration : ensemble de processus qui vise à rétablir l'intégrité biotique préexistante d'une zone donnée

Halde à stérile (waste dump) : site de stockage et de dépôt des roches (faiblement minéralisées retirées au cours de l'exploitation minière dont la teneur en élément recherché est non valorisable donc non traité davantage) qui se présente sous forme de colline

Top soil : c'est de la terre végétale issue du décapage d'un site donné avant exploitation

Monitoring environnemental : programme de suivi environnemental (processus visant à vérifier et à confirmer l'efficacité des mesures d'atténuation mises en place et de s'assurer de l'efficacité des moyens utilisés) et de surveillance environnementale (consiste à détecter les impacts non prévus et d'évaluer les changements environnementaux)

(Sources : dictionnaire environnement, le comptoir géologique)

II. COLLECTES DE DONNEES

Nos travaux de terrain se sont déroulés sur une superficie de 10 hectares en 02 phases respectives que sont : la réhabilitation physique et la réhabilitation biologique La collecte de nos données s'est fait sur le site de Sanbrado et à porter sur les points suivants

La réhabilitation physique :

- l'échantillonnage et l'analyse au laboratoire d'échantillons de terre végétales (top soil) afin d'en interpréter les qualités

- les lieux de collecte des matériaux de revêtement pour en relever la quantité et la qualité
 - le site de réhabilitation proprement dit pour l'inspection journalière des travaux et l'apport des mesures de lutte contre l'érosion
- **Procédure d'échantillonnage du top soil (source : SOMISA SA, 2022. Procédure d'échantillonnage et d'analyse. Document de procédure, société minière de Sanbrado, région du plateau central, Burkina Faso, 17p)**

06 échantillons de terre végétale (top soil) ont été prélevés dans des sachets selon les recommandations (port de gants, absence d'air, remplissage jusqu'à la courbure du sachet) portant les informations suivantes : date de prélèvement et identifiant de l'échantillon. Un contrôle qualité incluant la présence de duplicata a été observé. Ensuite ces échantillons ont été conditionnés directement dans des glacières pour l'analyse des paramètres demandés (confère annexe A) au laboratoire.

Norme de référence : NF EN ISO 5667-3

La réhabilitation biologique :

- le lieu de production des plantes (pépinière du site) pour l'ensemencement et l'entretien des plantes
 - la production et le suivi de la qualité du compost par des prises des paramètres in situ hebdomadaires (température, pH)
 - le site de réhabilitation proprement dit pour la mise en terre des plants à travers un plan de piquetage et de trouaison
- **Procédure de production des plantes en pépinière (source : SOMISA SA, 2022. Procédure de production de plantes en pépinière. Document de procédure, société minière de Sanbrado, région du plateau central, Burkina Faso, 12p)**

Au regard des conditions tropicales sèches, les plantes au niveau de la pépinière de SOMISA sont produites dans des pots en sachets de polyéthylène perforés (sachets plastiques de couleurs noirs). La terre d'empotage (substrat) a été produite à partir de la terre végétale avec un tamis de 7 mm de mailles, du sable propre et du fumier organique.

- Préparation de la terre d'empotage

La préparation du mélange (substrat) avec différents contenants (brouettes, seaux, pelles, etc.) est réalisé sans débris et sans mottes selon la proportion suivante : 2 brouettes de terre noire sont mélangées à 1 brouette de sable et le tout mélangé avec 1 brouette de fumier organique.

Le tout est bien mélangé et mouiller légèrement puis on procède au remplissage des sachets avec le mélange obtenu. Les pots sont remplis directement à l'aide d'un outil approprié (petites pelles en plastique) avec les précautions suivantes :

- ne pas remplir complètement les pots ;
 - laisser une réserve d'environ 0,5 - 1 cm de hauteur. Entièrement rempli, un pot ne peut retenir convenablement l'eau d'arrosage. Si la réserve est très grande, les bords du pot ont tendance à se refermer empêchant l'eau d'arrosage de s'infiltrer dans le pot ;
 - bien tasser le contenu du pot mais pas excessivement afin d'éliminer les éventuelles poches d'air ;
 - poser les pots verticalement afin qu'ils restent en équilibre ;
- Les pots remplis seront classés dans les rangées de production.

- Prétraitement des semences

Le prétraitement est une opération appliquée aux graines afin de lever leur dormance et d'accélérer leur germination. Cependant certaines espèces se prêtent au semis sans prétraitement (Cas d'*Azadirachta indica*).

Les méthodes utilisées à la pépinière de SOMISA sont les suivantes :

- le trempage dans de l'eau froide ; cas de l'*Anacardium occidentale* et du *moringa oliefera*
 - le traitement à l'acide sulfurique pendant suivie du trempage dans l'eau froide cas du *Tamarindus indica* et de l'*Acaccia nilotica*
- **Procédure de compostage** (source : SOMISA SA, 2020. Procédure de compostage. Document de procédure, société minière de Sanbrado, région du plateau central, Burkina Faso, 11p)

Il existe plusieurs méthodes de compostage dont le compostage en casier, en fosse, en andain, en tas, en lit rectangulaire, etc.

Dans notre cas, nous avons choisi la méthode du compostage en casier mais en utilisant des cubitainers recyclés sur le site car elle est simple à mettre en œuvre.

Le montage du compostage va consister à mettre successivement :

- **une couche de 30 cm de matières à composter (herbes et feuilles sèches récupérés sur le site), qu'on arrose légèrement alternée avec**
- **une couche de 10 cm de fumier (bouse de vache)**
- **le tout saupoudré avec de la cendre**

Soit au total 3 couches alternées biomasse/fumier.

Après la mise en place du compostage dans les cubitainers, il faudra procéder à la recouverture des cubitainers avec des sachets plastiques et couvrir le tout avec des liners afin de conserver la chaleur pour permettre le processus de compostage. Une fois par semaine on procède au contrôle de l'humidité et de la température (confère Annexe A) puis du retournement du compost pendant 06 mois.

Une fiche de suivi de la qualité du compost était remplie à cet effet

III. MATERIELS

Les matériels utilisés pour la collecte de nos données sont :

- un moyen de transport : un véhicule
- un moyen de communication : un téléphone portable
- un ordinateur
- un appareil photo
- un bloc note
- un thermomètre
- un pH-mètre
- une niveleuse
- un compacteur
- une chargeuse
- des camions bennes

- un drone

IV. RESULTATS ATTENDUS

Les résultats attendus sont :

- un état des lieux des matériaux et semences utilisés pour la réhabilitation progressive de la halde à stérile M1 Nord
- un état des lieux des mesures prises pour lutter contre l'érosion
- des recommandations pour l'amélioration de la réhabilitation

DEUXIEME PARTIE: RESULTATS

CHAPITRE IV : PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Pour parvenir à créer progressivement un paysage qui ne présente pas de danger pour les communautés deux (02) grandes étapes ont été observés, ce sont respectivement : la réhabilitation physique et la réhabilitation biologique.

I. PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA REHABILITATION PHYSIQUE (GEOTECHNIQUE)

La réhabilitation physique vise à remettre en état le milieu dégradé afin de rendre l'environnement physique apte à supporter les organismes vivants et ses relations avec le milieu ambiant. Elle se déroule suivant trois (03) grandes phases que sont : la stabilisation physique des pentes, le terrassement, et le contrôle de l'érosion.

1. La stabilisation physique des pentes

Pendant l'exploitation de la fosse M1, une stabilité physique des pentes était de vigueur, cette même stabilité sera maintenue afin d'éviter tout effondrement pendant et après la phase de réhabilitation. L'angle des pentes est ainsi réalisé à 20 degrés dans le but de :

- ralentir le transport sédimentaire vers les cours d'eau et de limiter ainsi le drainage minier acide
- favoriser la mobilité des personnes et des engins sur les flancs afin de réaliser aisément les travaux liés à la réhabilitation
- rendre le site exploitable par les communautés après fermeture de la mine

2. Le terrassement

Pendant l'exploitation de la fosse M1 Nord, au fur et à mesure que les stériles miniers étaient stockés on procédait au damage de la plateforme et cela jusqu'à la fin de l'exploitation de la fosse. La réhabilitation physique va consister dans une première phase au revêtement avec de la terre oxydée prélevée sur le site sur une épaisseur de 30 cm et procéder progressivement au nivellement de la plateforme (photo 1). Dans une seconde phase, on procède à la recouverture de la terre oxydée avec de la terre végétale (top soil) issu du décapage du site avant exploitation sur une épaisseur de 20 cm (photo 2).



Photo 1: Travaux de revêtement avec de la terre oxydée



Photo 2: Travaux de re-couverture avec du top soil

Photo 3: vue du revêtement avec la terre oxydée et le top soil

- **Qualité du top soil**

Une analyse des top soil présents sur le site a été réalisée afin de déterminer leurs qualités. Le tableau ci-dessus fait un résumé des différents paramètres analysés à cet effet.

Tableau 4: Résultats d'analyse du top soil utilisé pour le revêtement du waste dump MI Nord

N° de Laboratoire	1338	1339	1340	1341	1342	1343
N° d'origine	TS01	TS02	TS06	TS05	TS04	TS03
Azote total %	0,119	0,123	0,131	0,136	0,064	0,072
Nitrates mg/kg	11	10	15	16	7	6
Ammonium mg/kg	1	4	0	12	10	22
Phosphore assimilable mg/kg	8	6	4	4	5	4
Classement "phosphore Analyse classique"	faible	faible	Faible	faible	faible	faible
Potassium disponible mg/kg	89	54	51	69	63	64
Classement "potassium"	faible	faible	faible	faible	faible	faible

Analyse classique						
Magnésium disponible mg/kg	54	62	64	59	47	58
Classement "magnesium Analyse classique	faible	faible	faible	faible	faible	faible
Capacité d'échange (T) méq/100g	7,85	9,36	12,27	11,78	9,24	8,38

Source : BUNASOLS

- Potassium (P2O5) : toutes les valeurs sont inférieures à 0,05 g/kg ou 50 mg/kg
- Potassium (K2O) : toutes les valeurs sont inférieures à 0,1 g/kg ou 100 mg/kg
- Magnésium (MgO) : toutes les valeurs sont inférieures à 0,05 g/kg ou 50 mg/kg

De façon générale tous les sols soumis au test sont pauvres en éléments nutritifs pour les cultures. Les teneurs en phosphore, potassium et magnésium étant très similaires. Il serait judicieux de classer les sols sur la base de l'azote assimilable qui est représenté par la somme des nitrates et de l'ammonium.

Ainsi donc, on aura:

- 1- TS05 = 28 mg/kg
- 2- TS03 = 28 mg/kg
- 3- TS04 = 17 mg/kg
- 4- TS06 = 15 mg/kg
- 5- TS02 = 14 mg/kg
- 6- TS01 = 12 mg/kg

Nous préférons le TS05 en premier car il possède une meilleure capacité d'échange que le TS03.

- **Evaluation du volume de terre oxydée et de top soil**

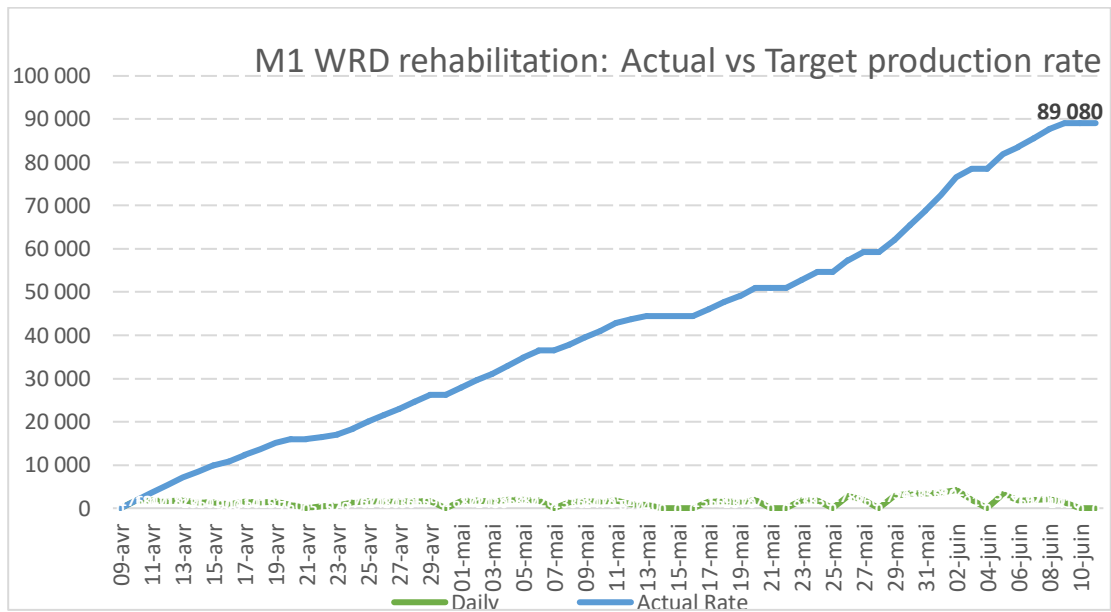


Figure 4: Quantité de terre oxydée et de top soil

La figure ci-dessus représente les quantités de terre oxydée et de terre végétale apportées journalièrement sur le waste dump M1 Nord. La couverture des matériaux sur le waste dump M1 s’est déroulé sur la période du 9 Avril au 10 Juin 2023. La quantité de matériau total apportée est de 89 000 m³ soit 53 400 m³ de terre oxydée et 35 600m³ de terre végétale.

3. Le contrôle de l'érosion

Afin de limiter l'érosion, les activités suivantes ont été entreprises :

- la réalisation de merlons (petites digues) afin de freiner le drainage de l'eau sur les flancs



Photo 4: Travaux de réalisation de merlons

- la réalisation de deux rampes dans le but de diriger les eaux de pluies sur la même direction comme l'indique la photo suivante



Photo 5: Réalisation de rampes

- la réalisation de deux canaux de drainage puis l'enfouissement et la stabilisation des liners à l'intérieur (photos 6 et 7) et le dépôt de pierres pour freiner le passage d'eau (photo 8)



Photo 6: Réalisation de canaux de drainage



Photo 7: Enfouissement et stabilisation des liners à l'intérieur



Photo 8: entreposage des roches sur les liners enfouis

- le dépôt de roches sur les sillons observés après les premières pluies afin de freiner le passage de l'eau et de favoriser son infiltration comme l'indique la photo 9



Photo 9: Dépôt des roches sur les sillons observés

- l'ensemencement des herbacés et la plantation d'arbres ont été réalisés afin de lutter contre l'érosion



Photo 10: Ensemencement des herbacés sur le waste dump

II. PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA REHABILITATION BIOLOGIQUE

La réhabilitation biologique vise à contrôler l'érosion (éolienne et hydrique), à stabiliser les pentes et à redonner au site minier son aspect naturel à travers l'ensemencement des herbacés et la mise en terre des plantes. Cette étape de réhabilitation s'est faite en 03 phases : le choix des semences, le mode d'ensemencement et la fertilisation des sols.

1. Le choix des semences et des plantes

Le choix des espèces végétales s'est fait sur la base de celles présentes sur la zone d'étude, de la disponibilité des semences, de leurs viabilités et du taux de germination, et aussi de leurs propriétés sur les milieux dégradés.

(Source: Plan de gestion de la réhabilitation et de la végétalisation)

Les espèces choisies sont :

- Semences d'herbacés : *Andropogon gayanus*, *Vétivera zizanoïde*, *Cymbopogon proximus*
- Semences de plants: *moringa olifera*, *calebasse (Lagenaria siceraria)*, *calotropis procéra*, *acacia macrostachya*, *piliostigma reticulatum*, *senna tora*, *senna occidentalis*, *Cassia sibeirana*
- Plantes produites en pépinière: *Acacia nilotica*, *Balanites aegyptiaca*, *Calotropis procera*, *Azadirachta indica (Nimier)*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis juliflora*, *Moringa oliefera*, *Saba senegalensis*, *Prosopis africana*, *Panicum maximum*.



Photo 11: Pépinière du site de SOMISA

Le tableau suivant représente les propriétés des différentes semences et plantes utilisées pour la réhabilitation biologique de notre halde à stériles.

Tableau 5: Propriétés des espèces choisies dans la réhabilitation minière

Herbacés/ plantes	Adaptation climatique	Utilité dans la réhabilitation minière
<i>Cymbopogon Proximus</i>	Tolérant à la sécheresse et aux sols pauvres	Fixation du sol grâce à son système racinaire dense
<i>Caleotropis Procera</i>	Resistance aux conditions arides et chaudes	Phytoextraction des métaux lourds du sol
<i>Vetiveria Zizanoide</i>	Adapté aux sols humides et aux conditions tropicales	Contrôle de l'érosion grâce à son système racinaire profond, plante phytoremédiatrice, modifie l'environnement hostile pour permettre aux plantes endémiques de s'installer naturellement
<i>Andropogon Gayanus</i>	Bien adapté aux climats tropicaux et subtropicaux	Amélioration de la structure du sol et de la biodiversité locale
<i>Senna Tora</i>	Tolérance à une gamme de conditions climatiques	Fixation d'azote dans le sol, amélioration de la fertilité
<i>Leucaena sp</i>	Adaptation à une variété de sols et de climats	Enrichissement du sol en azote, amélioration de la structure du sol
<i>Senna occidentalis</i>	Résistance à la sécheresse et aux sols marginaux	Contrôle de l'érosion, fourniture de matière organique du sol
<i>Moringa olifera</i>	Tolérance à la sécheresse	Phytoremédiation, amélioration de la qualité du sol
<i>Prosopis juliflora</i>	Résistance aux conditions arides	Stabilisation des pentes, amélioration de la qualité et de la structure du sol
<i>Acacia nilotica</i>	Adapté aux conditions climatiques difficiles	Lutte contre l'érosion, restaure les milieux dégradés

Source : enquêtes Gouba 2023

- **Quantité d'arbres et de semences**

Les tableaux ci-dessous représentent les quantités cumulatives de plantes et de semences utilisés dans le cadre de la réhabilitation biologique du waste dump M1 Nord

Tableau 6: tableau récapitulatif des espèces et nombre d'arbres plantés sur le waste dump

Espèces Date	Acacia nilotica	Balanites aegyptiaca	Calotropis procéra	Leuceana leucocephala	Prosopis juliflora	Moringa olifeira	Azadirachta indica	Saba sénégalensis	Prosopis Africana	Panicum Maximum	Nombre total	Total
19/07/2023	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11611
24/07/2023	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
25/07/2023	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	
28/07/2023	537	123	94	102	0	200	0	0	0	0	1056	
29/07/2023	245	125	112	195	118	200	0	0	0	0	995	
31/07/2023	491	0	138	100	0	200	0	0	0	0	929	
01/08/2023	302	150	100	0	200	0	0	0	0	0	752	
02/08/2023	302	160	150	150	150	200	0	0	0	0	1112	
03/08/2023	283	235	62	100	150	0	0	0	0	0	830	
04/08/2023	340	330	100	0	100	100	100	0	0	0	1070	
05/08/2023	298	176	178	176	200	62	61	100	0	0	1251	
07/08/2023	702	24	22	225	103	38	39	0	0	0	1153	
08/08/2023	280	27	96	0	0	0	298	300	260	0	1261	
09/08/2023	330	0	0	0	270	0	25	0	0	0	625	
10/08/2023	215	0	15	0	0	0	0	52	0	52	334	

Source : SOMISA

Nous avons procédé à la plantation des arbres sur une période de 1 mois en pleine saison pluvieuse (19 Juillet 2023 au 10 Août 2023) et cela afin que les jeunes plantes puissent croître naturellement dans de bonnes conditions climatiques. Sur les 12 000 plantes affectées pour le waste dump M1 seulement 11 611 ont été mises en terre.

Tableau 7 tableau récapitulatif des espèces et quantité de semences utilisés sur le waste dump

Espèces	Quantités cumulatives en Kg	TOTAL
<i>Acacia Macrostachya</i>	1,8	50.06
<i>Andropogon sp</i>	5.4	
<i>Andropogon Gayanus</i>	1,6	
<i>Cassia siberiana</i>	5,8	
<i>Cymbopogon Proximus</i>	2,35	
<i>Lagenaria siceraria</i>	0,86	
<i>Moringa olifeira</i>	6,9	
<i>Pilostigma reticulatum</i>	2,35	

<i>Senna occidentalis</i>	6,15	
<i>Senna Tora</i>	14,5	
<i>Vetiveria Zizanoide</i>	2,55	

Source : SOMISA

L'épandage de 50.06 kg de semences ont été réalisé sur le waste dump. Les espèces ont été choisis sur la base de leurs propriétés sur les sols dégradés comme l'indique le tableau 5 et aussi de leurs adaptabilités à la zone.

2. Le mode d'ensemencement et de plantation

Après la réhabilitation physique de la halde à stérile M1 Nord, nous allons lui redonner vie à travers l'ensemencement et la plantation d'arbres.

L'ensemencement s'est fait de façon anarchique et manuel, le but étant de reverdir complètement le waste dump. L'accent a été mis sur les parties où l'on n'observait pas de poussées en réensemencant de nouveau. Pour procéder à la plantation nous avons d'abord préparer le terrain à travers des opérations de piquetage et de trouaison. Ainsi, nos plantes ont été mises en terre suivant un plan bien défini.

- Le piquetage : le but est de matérialiser les points de mise en terre des plants en utilisant une ficelle, des piquets. Le piquetage a été réalisé en quinconce, la distance entre les points étant de 2m.



Photo 12: Piquetage pour la plantation

- La trouaison : consiste à creuser des trous pour la mise en terre. La profondeur de nos trous creusés est de 40 cm pour un diamètre de 40 cm. Pendant la trouaison le top soil a été séparé de la terre oxydée



Photo 13: Trouaisons pour la plantation

- La mise en terre : après le creusage des trous nous passons à la mise en terre proprement dite des plantes : tout d'abord, à l'aide d'une lame on enlève la plante de son emballage à 4 cm de la base ; ensuite on libère la racine principale des racines secondaires en les taillant ; on remet un peu de top soil dans le trou puis on y place la plante de sorte à ce que son collet coïncide avec l'extrémité du trou ; on rajoute de la terre oxydée et on tasse la surface de sorte à ce que la plante soit bien droite et stable sans endommager le collet. On surélève d'un côté du trou avec le reste de terre afin d'y retenir l'eau de pluie.



Photo 14: Plantation d'arbres

3. La fertilisation des sols

En vue de faciliter la croissance des arbres et leur survie, nous avons procédé à un apport de fertilisant par utilisation du compost végétal. Le compost bonifie les propriétés du sol :

Propriété physique : aérateur et stabilisateur du sol, combat l'érosion ;

Propriété chimique : fertilisant et enrichit le sol en oligo-éléments ;

Propriété biologique : affermissement de la résistance des plantes.



Photo 15: Apport de compost aux arbres plantés

Le compost utilisé a été produit à partir d'herbes et de feuilles mortes récupérées sur le site, de la cendre et de la bouse de vache (fumier organique). Le processus de compostage s'est déroulé sur une période de 06 mois (Janvier-Juin) dans 20 cubitainers. Au cours du compostage, les paramètres in situ température et ph (confère annexes 1 et 2) ont été prises de façon hebdomadaire suivi du retournement du compost afin de suivre l'évolution du compostage.

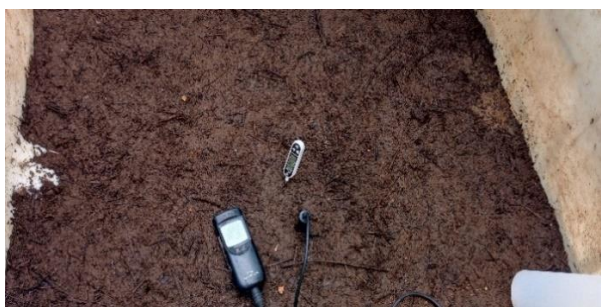


Photo 16: Prise des paramètres in situ du compost



Photo 17: Retournement du compost

CHAPITRE V : DISCUSSIONS- PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI- RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

I. DISCUSSIONS

La halde à stérile M1 Nord couvre une superficie de 48 hectares s'étalant sur une hauteur totale de 40m. En cette phase pionnière seulement 10 hectares ont été réhabilités totalement et concerne uniquement les parties Ouest et Sud.

Cette phase de réhabilitation a nécessité beaucoup d'exigences que ce soit sur le plan financier, technique et humain

- Sur le plan financier : La réhabilitation minière présente une exigence financière importante en raison des coûts associés à la remise en état des zones exploitées. Cela inclut la restauration de l'environnement, la gestion des déchets miniers et la réhabilitation des zones impactées. Dans le cas de la réhabilitation progressive les entreprises minières doivent se doter d'autres fonds dans le but de se faire rembourser car ne pouvant pas disposer du fonds de réhabilitation et de fermeture pour répondre à ces exigences environnementales assurant ainsi la durabilité et la responsabilité sociale de leurs entreprises. Les coûts liés à la réhabilitation progressive de la halde à stériles M1 Nord ont été supporté par WAF
- Sur le plan technique : la réhabilitation minière implique des exigences telles que la stabilisation et la fertilisation des sols, la gestion des eaux de drainage et la sécurisation des infrastructures. Des compétences spécialisées sont nécessaires pour élaborer et mettre en œuvre des plans de réhabilitation efficaces, garantissant la réduction des impacts environnementaux et le retour des sites à des conditions acceptables sur le plan environnemental. Si les travaux géotechniques ont été mal réalisés, la réhabilitation biologique ne pourra pas être efficace et nous pouvons assister à une amplification des impacts environnementaux
- Sur le plan humain : elle implique des exigences sociales telles que la consultation des communautés locales, la gestion des impacts sur l'emploi et la préservation du patrimoine culturel ; il est donc crucial d'impliquer toutes les parties prenantes que sont : la communauté locale, le comité technique interministériel et l'administration des mines. Une approche inclusive favorise une transition plus harmonieuse après la cessation des activités minières. Il est aussi important de fournir des opportunités

d'emplois locaux ; à cet effet 30 emplois locaux ont été créés dans le cadre de la réhabilitation biologique de la halde à stériles M1 Nord de SOMISA.

En comparaison avec la réhabilitation de la mine d'or de Morila au Mali étudié par Sylvestre P. Ilboudo étudiant au 2IE en 2012, nous pouvions affirmer que toutes les parties prenantes dans le cadre de la réhabilitation minière au Burkina Faso ne sont pas impliquées car jusque-là le comité technique interministériel n'est toujours pas opérationnel.

II. PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI

Le but de la surveillance et du suivi est de s'assurer de la remise en état progressif de la zone et de confirmer de l'efficacité des moyens utilisés pour la réhabilitation progressive. Lorsque les activités de réhabilitation d'une halde à stériles ne sont pas correctement assurées, cela peut être à l'origine de nombreux problèmes environnementaux et de santé-sécurité à savoir :

- l'éboulement des rampes d'accès
- l'instabilité de la pente
- l'accroissement de l'érosion hydrique et éolienne
- la pollution des sols et de l'eau
- les risques de santé-sécurité pour l'homme ainsi que les animaux

Afin d'éviter tous ces problèmes cités ci-dessus un programme de surveillance et de suivi pendant et après la fin des travaux de réhabilitation du waste dump M1 Nord a été élaboré, il s'agit :

- d'une inspection journalière de la halde à stérile afin de détecter tout problème éventuel et de proposer des actions correctives immédiates
- dans cette même lancée une convention a été signée avec le service départemental de l'environnement de Boudry pour le suivi, l'apport de suggestions et de recommandations en ce qui concerne tous les travaux de réhabilitation (chaque 2 semaines pour l'inspection)
- la poursuite des analyses de l'eau de surface et du bassin de sédimentation issu du waste dump M1 Nord selon le programme de monitoring environnemental (chaque trimestre) afin de s'assurer de leur qualité.

III. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

➤ RECOMMANDATIONS

Envers SOMISA :

- Elaborer des plans spécifiques de réhabilitation pour chacun des éléments cités dans le plan de fermeture définitif de la mine (entrepôt d'explosifs, aires d'entreposages du minerai, parc à résidus miniers, bassins de sédimentation, empreintes des infrastructures minières)
- Mettre à jour le plan de gestion de la réhabilitation et de la végétalisation (PGRV) ainsi que le plan de fermeture définitif sur la base des plans spécifiques de réhabilitation

Envers le Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA) :

- Faire de la réhabilitation progressive des sites miniers une obligation à travers des politiques et des réglementations robustes en mettant l'accent sur la responsabilité environnementale des sociétés minières
- Encourager la recherche et l'innovation pour développer des approches plus efficaces et durables en matière de réhabilitation des haldes à stériles
- Favoriser la collaboration intersectorielle entre les entreprises, les gouvernements et les chercheurs pour tirer parti des compétences complémentaires et des ressources disponibles
- Former les structures affiliées au MEEA sur les activités de réhabilitation des sites miniers
- Doter les structures de moyens financiers pour le suivi de la réhabilitation et de la fermeture des sites miniers

➤ PERSPECTIVES

- Comment allier exploitation minière et développement durable ?
- Comment redonner une seconde vie après fermeture des sites miniers ?
- Des études sur de nouvelles approches de construction des haldes à stériles en vue de contrôler l'infiltration d'eau et la génération de DMA à l'intérieur

CONCLUSION

Le présent mémoire sur la réhabilitation progressive de la halde à stérile M1 Nord de SOMISA nous a été d'un grand apport. Il en ressort que la réhabilitation progressive d'un site minier demeure l'outil principal pour atténuer les impacts sur l'environnement de la mine à long terme. L'étude de cette thématique laisse apparaître le caractère indispensable du plan de réhabilitation et de fermeture et aussi de la pauvreté de nos textes en matière de réhabilitation des sites miniers. La surveillance et le suivi post réhabilitation demeurent les méthodes efficaces pour s'assurer de l'atteinte de l'objectif.

Au regard des mines abandonnées comme Poura et Kalsaka qui créent toujours des problèmes environnementaux, sanitaires et sécuritaires et des mines en arrêt comme Youga et Perkoa ; la réhabilitation progressive par les sociétés minières s'impose. Toute société minière responsable et éco-citoyenne devrait s'adonner à la réhabilitation progressive de ses terres. Au terme de cette étude, il en découle la question suivante : peut-on concilier exploitation minière et préservation de l'environnement dans notre pays ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- SOMISA SA, 2018. Projet d'actualisation de l'étude d'impact environnemental et social du projet aurifère de Sanbrado dans la commune de Boudry/ province du Ganzourgou/ Région du plateau central, Burkina Faso, 404 p
- SOMISA SA, 2020. Plan de gestion de la réhabilitation et de la végétalisation projet aurifère de Sanbrado dans la commune de Boudry/ province du Ganzourgou/ Région du plateau central, Burkina Faso, 50p
- SOMISA SA, 2020. Plan de gestion environnemental et social actualisé du projet d'exploitation de la mine d'or de Sanbrado dans la commune de Boudry/ province du Ganzourgou/ Région du plateau central, Burkina Faso, 70p
- SOMISA SA 2019. Floral species Sanbrado Gold project, commune de Boudry/ province du Ganzourgou/ Région du plateau central, Burkina Faso, 95p
- SOMISA SA, 2022. Procédure de récolte des semences forestières. Document de procédure, société minière de Sanbrado, région du plateau central, Burkina Faso, 10p
- SOMISA SA, 2020. Procédure de compostage. Document de procédure, société minière de Sanbrado, région du plateau central, Burkina Faso, 11p
- SOMISA SA, 2022. Procédure de production de plantes en pépinière. Document de procédure, société minière de Sanbrado, région du plateau central, Burkina Faso, 12p
- SOMISA SA, 2022. Procédure d'échantillonnage et d'analyse. Document de procédure, société minière de Sanbrado, région du plateau central, Burkina Faso, 17p
- SOMISA SA, 2022. Procédure de reboisement. Document de procédure, société minière de Sanbrado, région du plateau central, Burkina Faso, 8p
- Hicham Amar, 2020. Mémoire, Canada, université du Québec en Abitibi – Témiscamingue, tri des stériles miniers comme nouvelle approche de gestion intégrée : contrôle du drainage minier et valorisation, 160 p
- Kawiba Moïse Sia, 2012. Mémoire, Burkina Faso, 2IE, contribution à la réhabilitation des haldes à stériles de la mine d'or de Bissa Gold SA, 47 p
- Sylvestre Paawanezambo Ilboudo, 2012. Mémoire, Burkina Faso, 2IE, la réhabilitation des sites miniers comme une alternative de restauration de l'environnement : cas de la mine d'or de Morila au Mali, 67p

Ouedraogo Aïcha Lydie, 2019. Mémoire, Burkina Faso, ENEF, contribution au développement des méthodologies de réhabilitation des installations à enjeux environnementaux majeurs de la mine de Roxgold Sanu : cas des haldes à stériles, 100p

WEBOGRAPHIE

<https://WWW.industry.gov.Au>

<https://vetiverconseil.com>

<https://WWW.dictionnaire-environnement.com>

<https://WWW.le-comptoir-geologique.com>

TEXTES ET REGLEMENTATIONS

La loi N°006-2013/AN du 02 avril 2013 portant code de l'Environnement au Burkina Faso

La loi N° 036-2015/ CNT portant code minier du Burkina FASO adoptée le 29 octobre 2015

Le décret N°2015-1205/PRES/TRANS/PM/MERH/MEF/MARHASA/MS /MRA /MICA /MME /MIDT/MATD du 28 octobre 2015, portant normes et conditions de déversement des eaux usées

Le décret N° 2017-068 068 en date du 15 février 2017 portant sur la réhabilitation et la fermeture des mines

Le décret 2001-185/PRES/PM/MEE portant norme de rejets des polluants dans l'air, l'eau et le sol

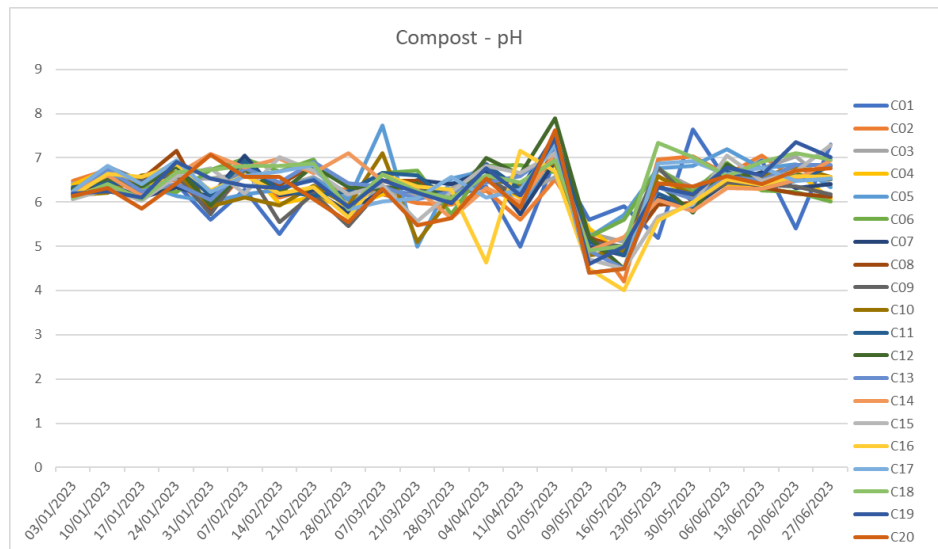
TABLE DES MATIERES

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
SOMMAIRE	III
TABLE DES ILLUSTRATIONS	IV
SIGLES ET ABBREVIATIONS	V
RESUME	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE: CADRE GENERAL	2
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DE LA ZONE D’ETUDE	3
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCEUIL	3
1. <i>Présentation de WAF</i>	3
2. <i>Présentation de SOMISA</i>	3
3. <i>Organigramme de SOMISA</i>	5
II. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....	6
1. <i>Caractéristiques socio-économiques</i>	6
2. <i>Caractéristiques biophysiques (la pluviométrie)</i>	7
3. <i>Caractéristiques biologiques (la flore du site)</i>	7
CHAPITRE II: CADRE THEORIQUE ET SPECIFIQUE	9
I. CONTEXTE ET JUSTIFICATIF	9
II. PROBLEMATIQUE	10
III. OBJECTIF DE L’ETUDE.....	11
CHAPITRE III. METHODOLOGIE	12
I. REVUES DE LITTERATURE	12
II. COLLECTES DE DONNEES	13
III. MATERIELS.....	16
IV. RESULTATS ATTENDUS	17
DEUXIEME PARTIE: RESULTATS	18
CHAPITRE IV : PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS	19
I. PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA REHABILITATION PHYSIQUE (GEOTECHNIQUE)	19
1. <i>La stabilisation physique des pentes</i>	19
2. <i>Le terrassement</i>	19
3. <i>Le contrôle de l’érosion</i>	22
II. PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS DE LA REHABILITATION BIOLOGIQUE	24
1. <i>Le choix des semences et des plantes</i>	25
2. <i>Le mode d’ensemencement et de plantation</i>	28
3. <i>La fertilisation des sols</i>	30
CHAPITRE V : DISCUSSIONS- PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI- RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	31
I. DISCUSSIONS.....	31
II. PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI	32

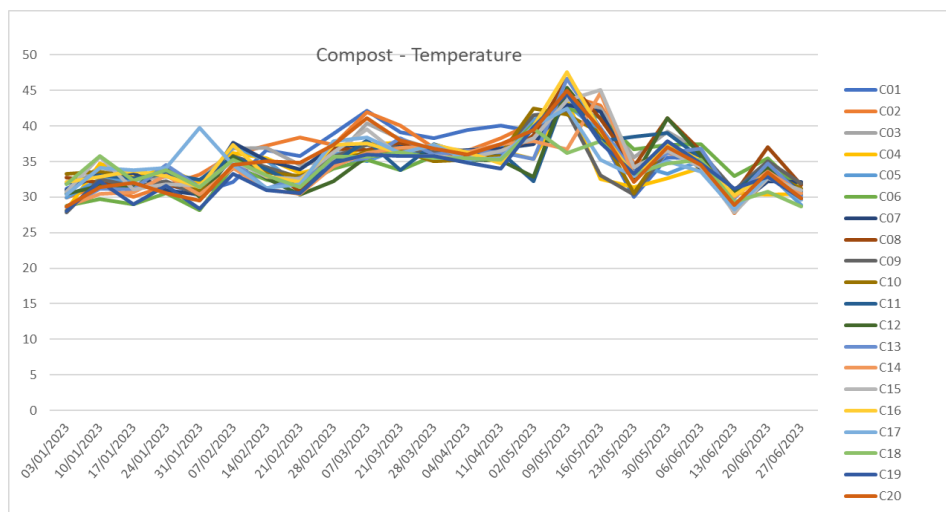
III. RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	33
CONCLUSION.....	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35
TABLE DES MATIERES	37
ANNEXES.....	39

ANNEXES

ANNEXE A : Paramètres in situ du compost et résultat de laboratoire



Annexe 1: Représentation du pH du compost



Annexe 2: Représentation de la température du compost



Ouagadougou le, 08 février 2023

Résultats d'analyses des échantillons de sols SOMISA

N° de Laboratoire	1338	1339	1340	1341	1342	1343
N° d'origine	Guerite	Flanc est	M3 est	M1	AMP	Flanc nord
Humidité à 105 °C %	1,12	13,30	1,74	1,53	0,93	0,97
Densité apparente	1,57	1,50	1,66	1,55	1,56	1,61
Densité réelle	2,69	2,73	2,59	2,67	2,63	2,69
Azote total %	0,119	0,123	0,131	0,136	0,064	0,072
Phosphore total mg/kg	167	142	394	329	162	142
Phosphore assimilable mg/kg	8	6	4	4	5	4
Potassium total mg/kg	1586	3217	4098	5833	2203	2732
Potassium disponible mg/kg	89	54	51	69	63	64
Calcium total mg/kg	439	536	1119	1871	502	557
Calcium disponible mg/kg	17	21	34	37	19	18
Magnésium total mg/kg	1068	1362	2313	2702	1212	1447
Magnésium disponible mg/kg	54	62	64	59	47	58
Calcium (Ca ²⁺) méq/100g	3,26	4,60	7,76	7,06	2,74	3,65
Magnésium(Mg ²⁺) méq/100g	0,88	1,25	2,30	1,77	0,80	1,22
Potassium(K ⁺) méq/100g	0,30	0,18	0,18	0,25	0,21	0,23
Sodium(Na ⁺) méq/100g	0,05	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07
Somme des bases (S) méq/100g	4,49	6,11	10,31	9,16	3,82	5,17
Capacité d'échange (T) méq/100g	7,85	9,36	12,27	11,78	9,24	8,38
Taux de saturation (S/T) %	57	65	84	78	41	62
Conductivité µS	27	31	43	19	34	17
Fer total mg/kg	835	2480	4578	4333	1401	2130
Cuivre total mg/kg	0	1	30	25	0	4
Zinc total mg/kg	3	7	36	49	5	12
Manganèse total mg/kg	17	37	166	156	23	45
Nitrates mg/kg	11	10	15	16	7	6
Ammonium mg/kg	1	4	0	12	10	22
Carbonates de calcium %	0	0	0	0	0	0
Soufre total mg/kg	0,11	0,10	0,15	0,17	0,13	0,15
Bore total mg/kg	0,07	0,04	0,05	0,04	0,03	0,06
Aluminium total mg/kg	324	1027	2134	1986	283	936
Aluminium échangeable méq/100g	2,5	0,5	0,7	2,2	2,0	0,5
Acidité d'échange méq/100g	3,36	3,25	1,96	2,62	5,42	3,21

Le Directeur du Laboratoire d'Analyses


Inoussa OUEDRAOGO
Le Directeur
du Laboratoire
d'Analyse


Annexe 3: Résultats d'analyse du top soil

ANNEXE B : réhabilitation physique



Annexe 4: Site d'emprunt de la terre oxydée



Annexe 5: Site d'emprunt du top soil

ANNEXE C : réhabilitation biologique



Annexe 6: Pousse des premiers herbacés



Annexe 7: Etat de croissance des herbacés avant la plantation d'arbres

ANNEXE D : étapes d'évolution des travaux de réhabilitation sur le waste dump M1 Nord



Annexe 8: Vu du waste dump avant la réhabilitation progressive



Annexe 9: Vu du waste dump après nivellement de la plateforme



Annexe 10: Vu du waste dump à la fin des travaux de réhabilitation physique



Annexe 11: Vu du waste dump après la poussée des premiers herbacés épanus