



Institut International d'Ingénierie
de l'Eau et de l'Environnement
Mail : www.2ie-edu.org



Mine de Zinc de Perkoa,
Burkina Faso

PROPOSITION D'UN SYSTEME DE GESTION DU PARC A RESIDUS DE LA MINE DE ZINC DE PERKOA, BURKINA FASO

**STAGE MASTER EN MANAGEMENT DES ENTREPRISES ET DES ORGANISATIONS
OPTION : QUALITE HYGIENE SECURITE ENVIRONNEMENT
(AOUT-SEPTEMBRE 2014)**

ZIDA Félix
E-mail : felixzida@yahoo.fr
Tel : +22670490965/+22678190886

Rapport dirigé par : OUEDRAOGO/DIEBRE Andréa
Ingénieur en Environnement
E-mail : Andrea.Diebre@nantoumining.com
Tel : +22677217032

Promotion [2014]

A la mémoire de ma mère

A ma famille et à mes parents,

A mes amis,

A tous ceux qui m'ont soutenu...

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier les personnes qui m'ont permis de réaliser ce stage, notamment :

- la Direction Générale de Nantou Mining SA ;
- tous les chefs de département de Nantou Mining SA ;
- OUEDRAOGO/DIEBRE Andréa ;
- ZONGO Jean-Baptiste ;
- TAPSOBA Aimé Charles ;
- tout le personnel de Nantou Mining SA ;
- l'équipe pédagogique de la Fondation 2iE.

A toutes ces merveilleuses personnes qui m'ont entouré pendant cette période de stage, qui ont écouté patiemment mes grands questionnements existentiels et mes insécurités intellectuelles, merci!

Enfin, à tous les autres pour leur contribution de près ou de loin à l'élaboration de ce rapport.

RESUME

L'exploitation des mines et le traitement du minéral génèrent une quantité importante de résidus qui sont entreposés dans des parcs à résidus. Ces sites d'entreposage très souvent ceinturés par des digues de rétention, doivent être gérés de façon rationnelle et sécuritaire afin de protéger l'environnement et la santé-sécurité des populations. La base d'une gestion réussie des parcs à résidus dépend d'une politique de gestion efficace et de procédures d'exploitation permettant d'attribuer les rôles et les responsabilités aux différents acteurs intervenant sur l'ouvrage.

L'analyse des données montre que jusqu'à présent aucun dégât majeur n'a été constaté, mais la présence de métaux (plomb, fer, argent, cuivre) dans le parc à résidus nécessite qu'un contrôle soit effectué. La mine de zinc de Perkoa et ses installations de gestion des résidus, ne sera en activité que pendant une durée bien déterminée. Les unités de gestion des résidus subsistent longtemps après la cessation de l'exploitation. Par conséquent, une attention particulière doit être accordée à ces installations et un entretien après fermeture appropriée doit être fait. Les multiples failles constatées sur le plan de gestion du parc à résidus de la mine de Perkoa ont conduit à la proposition d'un plan de gestion.

Mots clés

Digue

Mine

Minéral

Lixiviat

Résidus

Roche

Parc à résidus

ABSTRACT

The mining activities as well as ore processing generate a significant amount of tailings which are stored in the tailings dam. These sites of storage very often surrounded by retention dams must be managed in a rational and safety way in order to protect the environment as well as health and safety of the population. The basis of a successful tailings dam management depends on an effective management policy and mining procedures enabling to allot the roles as well as responsibilities to the various actors intervening on the work.

The data analysis shows that up to now no major damage has been noticed but the presence of metals (lead, iron, silver, copper) in the tailings dam requires that a control must be carried out. Perkoa Mining zinc and its facilities of tailings management will be in activity only for a well-defined length of time. The units of tailings management will remain for a long while after the mine closing. Therefore, a special care must be given to these facilities and the maintenance after the right closing must be conducted. The multiple gaps noticed on the tailings dam management plan of Perkoa mine led to the proposal for a management plan.

Key words

Dyke

Mine

Ore

Leachate or heap leach materials

Rock

Tailing

Tailings dam

SIGLES ET ABREVIATIONS

AMC : Association Minière Canadienne

BUMIGEB : Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina

CMU : Coordonnateur des Mesures d'Urgence

DMA : Drainage Minier Acide

ERM : Environmental Resources Management Southern Africa

HSEC : Hygiène Santé Environnement Communauté

ICME : Conseil International des Métaux et de l'Environnement

IIGC : Institut International de Gestion du Cyanure

PEHD : Polyéthylène à Haute Densité

pH : potentiel Hydrogène

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

SFI : Société Financière Internationale

SST : Santé Sécurité au Travail

TSF : Tailings Storage Facility

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	3
RESUME.....	4
ABSTRACT	5
SOMMAIRE.....	7
INTRODUCTION.....	9
PROBLEMATIQUE	10
PARTIE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	12
I – Description du projet	12
1- Historique et localisation du projet.....	12
2- Géologie de la zone.....	15
3- Organisation générale de Nantou Mining	17
4- Gestion environnementale.....	19
II – Usine de traitement.....	19
1- Procédé de traitement	19
2- Les réactifs utilisés	21
3- Produits engendrés	21
PARTIE 2 : PRESENTATION DU PARC A RESIDUS	23
I – Aspects techniques du parc à résidus	23
1- Paramètres de construction et dimensions.....	23
2- Ouvrages associés au parc à résidus.....	24
II – Exploitation du parc a résidus	26
1- Transport et mode de déposition des résidus.....	26
2- Nature et composition des résidus miniers	27
III – Gestion actuelle du parc a résidus miniers	28
1- Suivi technique	28
2- Suivi environnemental	29

PARTIE 3 : PROPOSITION DE SYSTEME DE GESTION	30
I- Politique et engagement	30
1- Objectif	30
2- Gestion de la conformité réglementaire	30
II- Planification	34
1- Rôles et responsabilités	34
2- Evaluation des risques et gestion des changements	37
3- Compétences formation et sensibilisation	41
III – Surveillance	42
1- Paramètres de suivi	42
2- Procédures opérationnelles	43
3- Procédures administratives	44
4 – Documentation et classement des données de surveillance	47
5- Plan intervention d’urgence	48
IV - Plan de réhabilitation	50
CONCLUSION GENERALE	52
BIBLIOGRAPHIE	53
TABLES DES ILLUSTRATIONS	55
ANNEXE	57

INTRODUCTION

Le Burkina Faso dispose de plus de 70.000 km² de superficie de formations volcano-sédimentaires birimiennes (Protérozoïque inférieur) connues pour leurs potentialités en ressources minérales. Il recèle de nombreux gisements et indices métalliques et non métalliques, répartis à travers tout le territoire dont les principaux sont : l'or, le manganèse, le Zinc, le cuivre, le phosphate, le calcaire, le plomb, le graphite qui sont une opportunité pour l'essor du secteur minier (Castaing et al., 2003).

La production des ressources minières au Burkina Faso est passée de 11,6 tonnes en 2009 à 22,5 tonnes en 2010 et 32,1 tonnes en 2011, pour atteindre 32,5 tonnes en fin 2013 (<http://chambredesmines.bf/?Evolution-de-la-production-d-or/>, consulté le 13/08/2015).

Cette expansion du secteur minier est vectrice d'enjeux économiques, sociétaux et environnementaux car les impacts, perceptibles déjà à la phase d'exploration s'accroissent durant l'exploitation du fait du traitement des minerais extraits et des déchets générés par leur composition chimique et leur quantité.

La législation Burkinabè exige aux promoteurs d'intégrer les considérations de santé des travailleurs, des communautés et les préoccupations environnementales dans leur projet.

Prenant en compte les exigences de la réglementation et les connaissances technologiques à ce jour nous proposons un **système de gestion du parc à résidus minier**, en se basant sur l'exemple du projet d'exploitation du Zinc de Perkoa, situé au Centre-Ouest du Burkina Faso.

PROBLEMATIQUE

Contexte et justification du choix du sujet

L'extension récente du développement minier en Afrique et particulièrement au Burkina Faso, suscite plusieurs inquiétudes parmi lesquelles on peut citer : l'insuffisance de la coordination des différents projets industriels et la gestion des impacts environnementaux et sociaux. En effet, le principal défi environnemental auquel doit faire face l'industrie minière est le contrôle et la réhabilitation des différents types de rejets miniers (liquides et solides), qui contiennent souvent de forte concentration de métaux lourds et d'autres matières potentiellement toxiques.

La mine de Zinc de Perkoa située dans la région du Centre-Ouest au Burkina Faso, plus précisément dans la province du Sanguié n'est pas exempte de cette problématique. Au vu :

- de la nature de la roche qui contient des sulfures (sphalérite, pyrite et pyrrhotite) ;
- de la particularité du minerai exploité (minerai de zinc contenant des traces de plomb et d'argent) ;
- du système de traitement et des taux de récupérations (les rejets du concentrateur ont une teneur en sulfure de 23 %, notamment les minerais de sulfure de fer (ERM, 2006).

Le parc à résidus servant de barrage de stockage des résidus de traitement est une infrastructure à haut risque qui doit faire l'objet d'une attention particulière.

Dans la littérature, on dénombre plus de 250 cas de ruptures de parcs à résidus miniers (Blight, 2009; Rico et al., 2008). A titre d'exemple, le 4 octobre 2010 en Hongrie, la rupture d'une digue conduisait à la dispersion d'environ 1,1 million de mètres cubes de boues rouges issues du procédé Bayer de traitement de la bauxite (aluminium). Au lourd bilan de 10 morts s'ajoutent les champs arables rendus impropres pour des décennies (www.aria.developpement-durable.gouv.fr/.../FK, consulté le 03/06/2015). D'où l'intérêt pour nous de mettre en place un système efficient de gestion.

Objectif

L'objectif de ce travail est de proposer un système de gestion du parc à résidus à la mine de Perkoa, pour les activités suivantes :

- mode de transport et méthodes de déposition des résidus ;
- caractérisation physico-chimique des rejets de l'usine de traitement ;
- système de suivi de la stabilité physique de la digue du parc à résidus ;
- procédures de surveillance environnementale et technique ;
- scénarios de restauration pour le parc à résidus adaptés au climat semi-aride.

Démarche adoptée

La méthodologie du travail qui se veut analytique consistera à :

(i) réaliser une revue de la littérature générale ayant un rapport avec la gestion des résidus miniers et des parcs à résidus ;

(ii) caractériser les résidus miniers sur le plan physico-chimique par l'exploitation des résultats des analyses du laboratoire de la mine de Nantou ;

(iii) évaluer l'impact du parc à résidus sur l'environnement et la SST;

A partir de cette démarche, nous proposerons une politique permettant de définir clairement les rôles et responsabilités des différents intervenants au niveau du parc à résidus. Egalement un scénario préliminaire de réhabilitation du parc à résidus sera proposé.

Retombées de l'étude

Cette étude s'inscrit au contexte burkinabè où la gestion et la réhabilitation des parcs à résidus est à venir au vu de la moyenne d'âge d'exploitation de l'industrie extractive. Ce rapport se justifie par l'absence à nos jours d'écrits d'anciennes mines industrielles au Burkina Faso qui auraient permis de tirer des retours d'expériences sur la gestion et la réhabilitation de parc à résidus minier.

PARTIE 1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I – Description du projet

1- Historique et localisation du projet

Le permis d'exploitation du projet de la mine de zinc de Perkoa se situe dans la province du Sanguié, chef lieu Réo à 140 kilomètres à l'Ouest de Ouagadougou capital du Burkina Faso (cf. figure 1 ci-dessous). La mine porte le nom du village le plus proche, Perkoa, lequel est voisin de trois autres villages, que sont Sandié, Bonyolo et Pouni Nord. Le permis d'exploitation a une superficie de 610 km² et les coordonnées (en UTM clarke 1880) sont les suivantes:

Sommets	X	Y
A	542 500 W	1 369 100 N
B	545 100 W	1 369 100 N
C	545 100 W	1 366 700 N

Le gisement de zinc de Perkoa a été découvert en 1982 par sondages grâce aux résultats d'une campagne de prospection géochimique régionale menée conjointement par le BUVOGMI (BUMIGEB) et le PNUD. Suite à cette découverte, le gisement a fait l'objet d'intenses travaux de recherche à différentes périodes par différentes compagnies minières notamment BOLIDEN, BILLITON et METOREX (ERM, 2006).

Au cours de ces périodes, plus de 100 sondages carottés totalisant plus de 30 000 mètres ont été réalisés dans la zone. Ces différents travaux ont permis de mieux connaître le gisement et d'en faire une évaluation. La mine de Perkoa a des réserves prouvées et probables de 6,3 millions de tonnes à une teneur en zinc de 14,5 % (selon un taux de coupure de 9 %), équivalant à un contenu de 907 700 tonnes de zinc métal. Ces réserves ont été calculées selon les normes du « Joint Ore Reserves Committee (JORC) ». Perkoa est la première mine de zinc d'Afrique de l'Ouest.

Le résultat des tests géotechniques complémentaires menés par Snowden Mining Industry Consultants a déterminé que la meilleure méthode d'exploitation serait une exploitation souterraine qui permettra de récupérer de façon optimale le minerai.

A partir de janvier 2005, le projet a été repris par la société Blackthorn Resources Limited d'Australie. Sa filiale au Burkina Faso est la société Nantou Mining. Nantou qui signifie éléphant en langue Lyele. Compte tenu du contexte favorable du marché du zinc, la société a entrepris d'effectuer dès décembre 2005 une étude de faisabilité bancaire (BFS) pour l'exploitation du gisement de Perkoa. Cette étude, réalisée par la société Snowden Mining Industry Consultants est parallèlement conduite avec une étude d'impact environnemental, réalisée par la société Environmental Resources Management (ERM) d'Afrique du Sud.

Le rapport d'étude d'impact fût soumis en Juin 2006 conformément à l'article 17 du Code de l'Environnement (loi n° 005/97 ADP du 30 Janvier 1997) promulgué par le Décret n° 97-110/PRES du 17 Mars 1997 et le Décret n° 2001 342 PRES / PM / MEE relatif à l'application du Code de l'Environnement (ERM, 2006).

Au vu des conclusions positives quant à la rentabilité du projet, une demande de permis d'exploitation est soumise au ministère en charge des mines et le permis d'exploitation octroyé en Mars 2007 à la société Nantou Mining Burkina Faso.

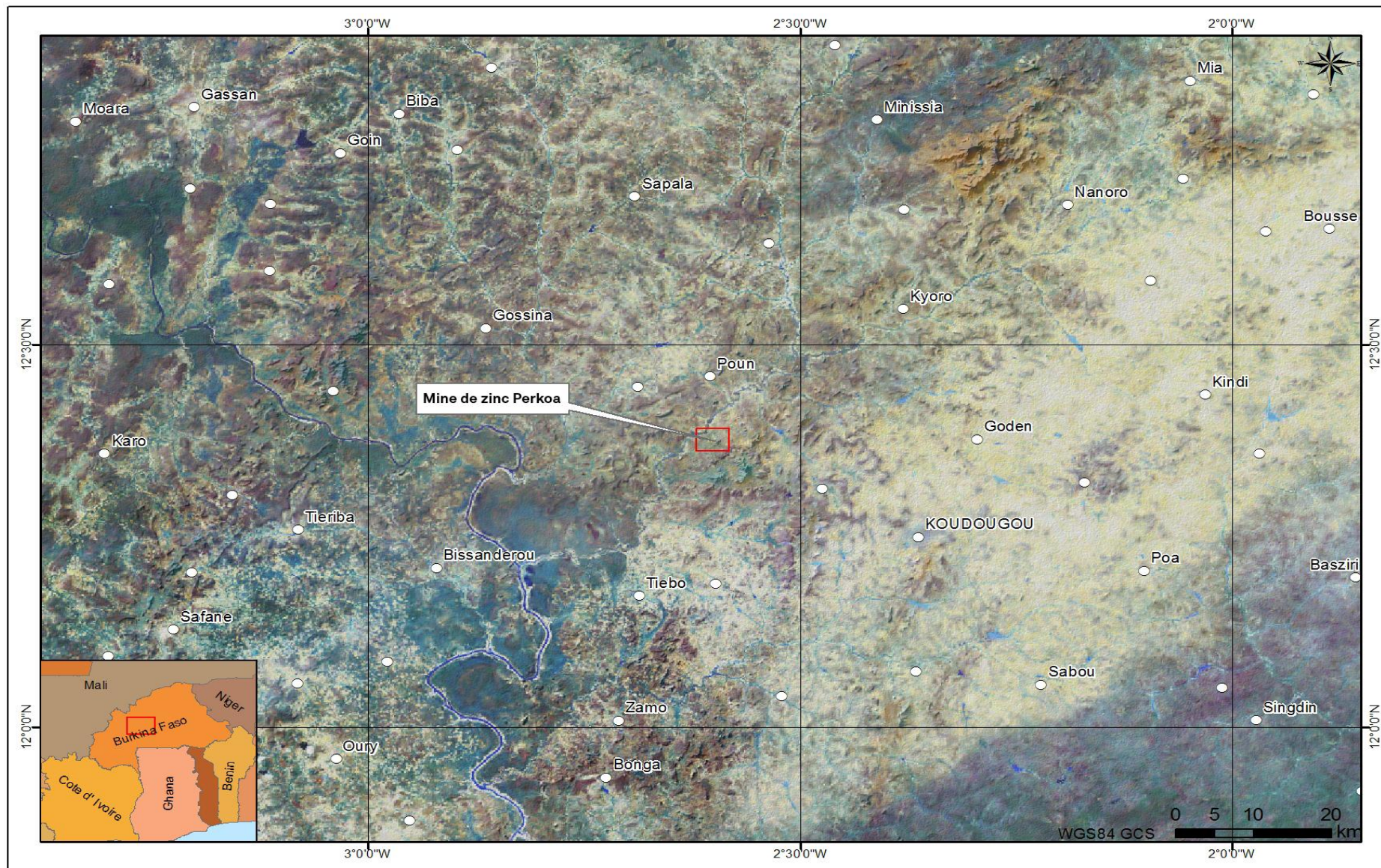


Figure 1 : situation géographique de la mine de Zinc de Perkoa (source : Image aérienne google 2015, adaptée ZIDA Félix)

2- Géologie de la zone

La description de la géologie de la zone d'étude est basée sur le rapport préparé par Geoservice MSA (2006). Le gisement de Perkoa est de type «sulfures massifs volcanogènes» (SMV). Ce type de gisement appartient à une grande famille de gisements de type cuivre-zinc (Cu-Zn) qui se sont formés au cours des périodes de grandes orogénèses dans l'histoire de la terre.

Les gisements de SMV ont tendance à se former dans une gamme variée de milieux tectoniques, mais sont en grande partie dus à la précipitation des métaux à partir de solutions hydrothermales circulant dans des milieux volcaniques actifs sous-marins. L'évacuation sous-marine du métal chargé de liquides hydrothermaux serait à l'origine de la formation du sulfure disséminé ainsi que les lentilles stratiformes massives et les gousses de sulfure qui caractérisent ce type de minéralisation.

La minéralisation du zinc de Perkoa est faite dans une séquence renversée de tufs, avec une pente de 70° (275 %) vers le Nord-Ouest. La minéralisation comprend deux parties sous-parallèles, stratiformes, riches en sulfures qui se forment à l'intérieur de tufs silicifiés et séparées de 10 à 60 m les unes des autres. La partie la plus basse (la composante FW) est la plus grande des deux, représentant environ 65 % du minerai identifié et comprend principalement du sulfure massif. La composante FW mesure environ 300 m de long, avec une épaisseur allant jusqu'à 20 m, et a été interceptée à une profondeur de 550 m sous la surface.

La partie supérieure (la composante HW) mesure en moyenne 10 m d'épaisseur et est sub-parallèle à la partie FW. La minéralisation de la composante HW se fait sous forme de veines et de disséminations du sulfure par rapport à la composante FW qui est beaucoup plus massive.

L'interprétation des données montre que la zone présente trois principales lithologies:

- la diorite vers le Sud-Est ;
- les tufs acides et les sédiments au Centre ;
- des laves, des brèches, et des tufs andésitiques au Nord-Ouest.

Les lignes de faille donnent des directions de fracture Nord/ Sud; Nord-Ouest/Sud-Est et Est-Sud-Est / Ouest- Sud-Ouest.

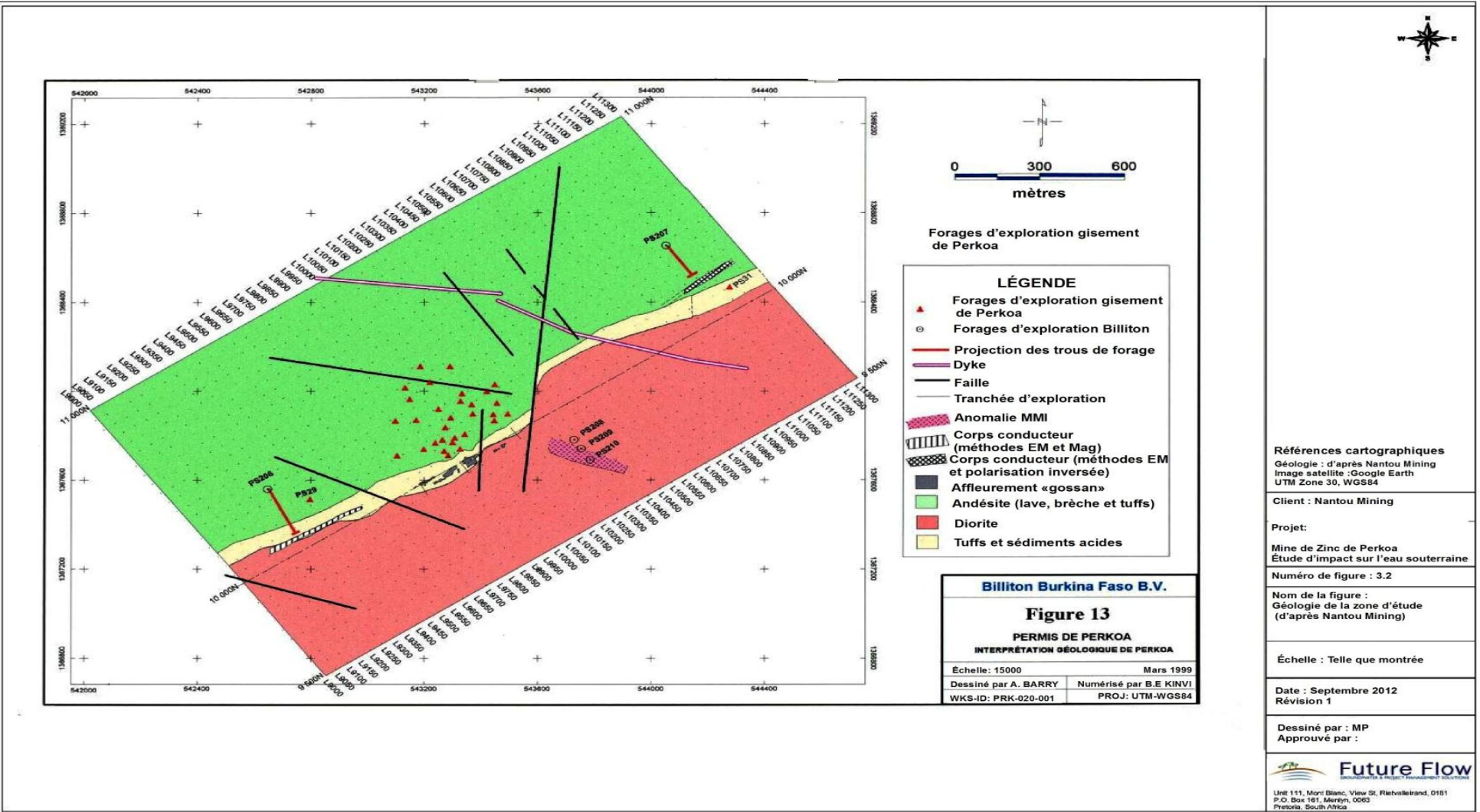


Figure 2: géologie de Nantou mining (source : AECOM, 2012)

3- Organisation générale de Nantou Mining

La zone du permis couvre environ 610 ha, alors que les installations de surface occupent 360 ha (ERM, 2006). La figure 3 ci-dessous montre l'agencement général des principales installations en surface et souterraines du projet. Les infrastructures de surface comprennent les éléments suivants :

- une mine souterraine (8,9 ha, plus une zone d'entrée en terre de 1,1 ha) ;
- une mine ciel 11,56 ha (profondeur maximale d'environ 105 mètres)
- une halde à stériles (2 ha) ;
- une halde de rejets grossiers du séparateur à milieu dense (20 ha) ;
- une usine de traitement du minerai (5,1 ha) ;
- une trémie d'alimentation et de transport du minerai (à l'intérieur du périmètre de l'usine) ;
- un bassin de retenue des résidus (32 ha) ;
- un bassin de retenue des eaux pluviales (3,5 ha) ;
- une infrastructure de stockage du concentré de zinc ;
- des installations de gestion des déchets (à l'intérieur du périmètre de l'usine) ;
- des ateliers, bâtiments administratifs et ;
- un camp d'hébergement de 128 logements.

La production d'énergie est assurée par sept générateurs de 2 MW d'une puissance nominale chacun alimentés au gasoil. La fourniture en carburant est assurée par le groupe Total dont les réservoirs de stockage sont estimés à 2 300 000 litres de gasoil.

Les voies de communications sont la RN1 (liaison Ouaga-Koudougou) et RN21 (Koudougou-Réo). Il a par ailleurs été aménagé des chemins d'accès pour se rendre au site ainsi que des pistes sur le site lui-même.

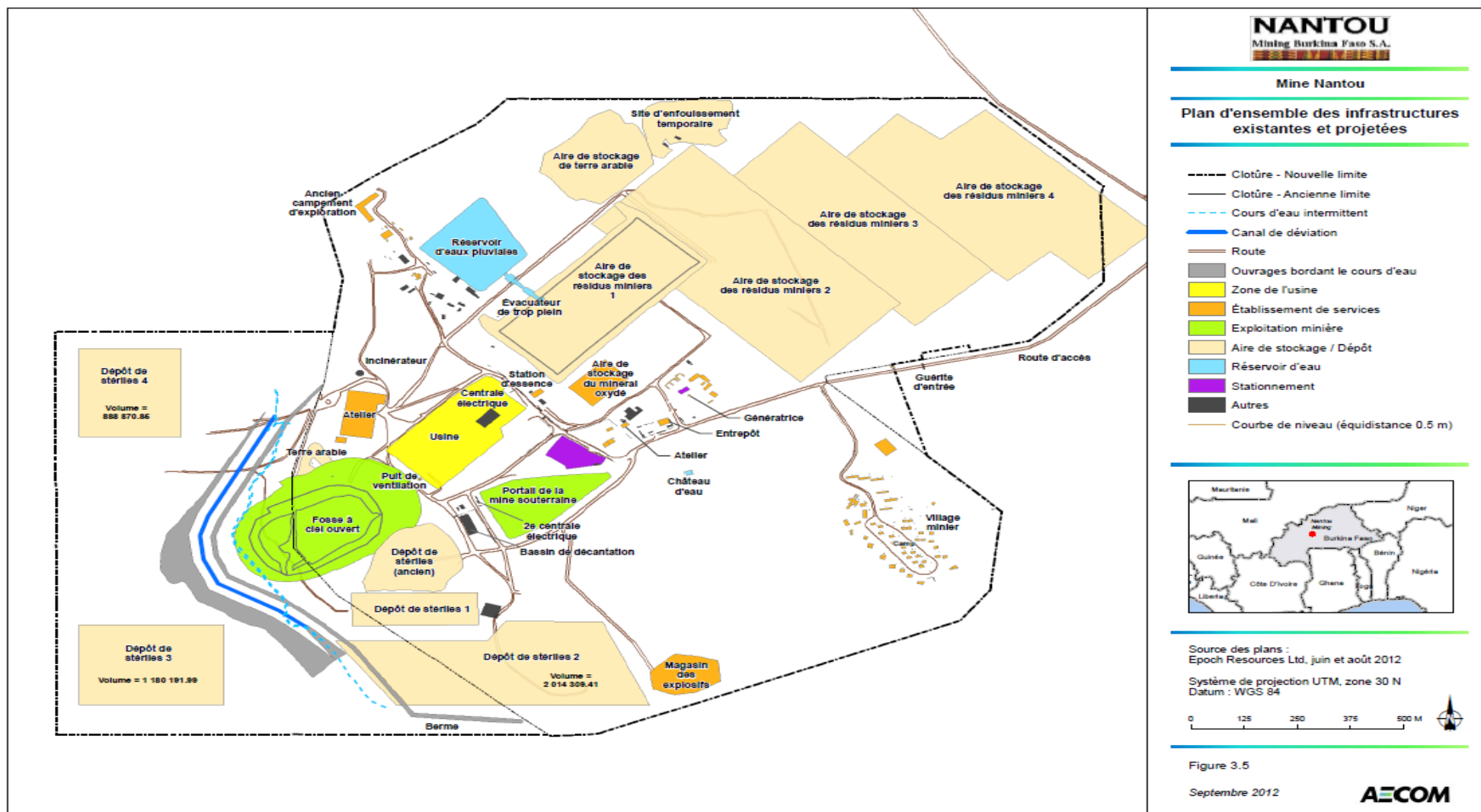


Figure 3 : schema général des installations de la mine de zinc de Perkoa (source : AECOM, 2012)

4- Gestion environnementale

Conformément à la loi N° 005/97/ADP du 30 janvier 1997 portant Code de l'environnement au Burkina Faso en son l'article 7 et au décret 2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement ; Nantou Mining a souscrit à une étude d'impact environnemental et social réalisée en 2006 et 2013 lors de la modification du plan de développement de la mine de zinc.

Différents arrêtés portant émission d'avis conforme sur la faisabilité environnementale du projet ont sanctionné ces EIES [2006, 2013] et des plans de gestion environnementale et sociale opérationnels sont mis en œuvre pour répondre aux exigences de la réglementation en vigueur et à laquelle la société a souscrit.

Les éléments de ce plan s'articule autour d'une politique environnementale dont les lignes majeures se résument comme suit :

- optimiser l'utilisation des ressources naturelles comme l'eau et l'énergie et promouvoir l'utilisation des ressources énergétiques renouvelable et la conservation de la biodiversité ;
- se conformer aux lois et règlements applicables auxquels Nantou Mining a souscrit en relation avec l'environnement, la santé et la sécurité au travail ;
- prévenir les risques de pollution par la mise en place de mesures de contrôle technologique pour une gestion efficace des déchets et les émissions nocives.

II – Usine de traitement

1- Procédé de traitement

Le minerai est déposé dans des trémies puis acheminé vers le concassage primaire qui comprend un concasseur à mâchoires pour réduire la dimension du minerai à moins de 75 mm, ce minerai subira ensuite un deuxième concassage au niveau des concasseurs à cônes pour obtenir des particules dont la dimension est de moins de 10 mm. Les particules plus grossières séparées par les tamis vibrants sont retournées au concassage.

Le schéma illustre le processus de traitement des minerais de plomb et de zinc. Le processus commence avec la trémie de chargement, suivie du concasseur à mâchoires. Le minerai passe par un crible classant (13,2 mm / -13,2 mm) vers une pile de stockage (particules fines). Le minerai est ensuite concassé à cône (100% -25 mm et 100% -10,5 mm). Le processus de flottation suit, incluant des dégrossisseurs Pb I et Pb II, des épaississeurs Zn I, II, III, et des relaveuses Zn I, II, III. Les produits finaux sont stockés dans des piles de stockage concentrées de Pb et de Zn. Des rejets de Zn 1 et 2 sont également indiqués.

Page 20 of 58

2- Les réactifs utilisés

Le traitement du minerai nécessite l'ajout de produits chimiques tels que: la chaux, le sulfate de zinc, de cuivre, la xanthate et le métabisulfite de sodium. La flottation se faisant dans un milieu basique, la chaux est ainsi utilisée pour réguler le pH autour de 9-12. Elle sert également à déprimer le fer pour avoir de bon pourcentage de concentration de zinc. Le sulfate de cuivre quant à lui permet d'activer les molécules de zinc et la xanthate permet de les collecter. Pour pouvoir permettre le transport de ces molécules, le métabisulfite de sodium est alors utilisé comme moussant pour faciliter le transport.

On utilise également des flocculants qui agissent comme des agglutinants au niveau de l'épaississement des résidus. Ce procédé permet l'obtention de flocons qui se précipitent vers le fond des cellules de flottation.

3- Produits engendrés

Le procédé de traitement produit environ 130 000 à 170 000 tonnes de concentré sec de zinc par an à une teneur en zinc comprise entre 52 % et 53 % (ERM, 2006). Le concentré de zinc est convoyé dans une infrastructure de stockage couverte et située sur le site. Cette production engendre des résidus qui sont stockés dans une aire de rétention appelée parc à résidus minier dont les quantités entre 2014 et 2015 sont mentionnées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1: quantité résidus usine de traitement 2004-2015

Production tails 2014 - 2015		
Mois	Data (tonne/metric)	
	Prévision (Epoch, 2014)	2014 Actuelle
Janvier	31374	35202.62
Février	35203	31373.94
Mars	32235	32234.5
Avril	40535	40535.9
Mai	40266	40265.6
Juin	34214	34214.2
Juillet	26664	26664.5
Août	24031	24031
Septembre	26728	26727.5
Octobre	40062	23067
Novembre	48819	21789
Décembre	52182	32795
Total	432313	368900.76

Mois	Production tailings 2015
	Data (tonne/metric)
Janvier	32556
Février	30955
Mars	29251
Avril	33759
Mai	34707
Juin	26736
Total	187964

L'analyse du tableau 1 montre que la production totale des résidus de l'usine de traitement de janvier 2014 à fin juin 2015 est de 556.864 tonnes/metric.

PARTIE 2 : PRESENTATION DU PARC A RESIDUS

I – Aspects techniques du parc à résidus

1- Paramètres de construction et dimensions

Le parc à résidus comprend trois réservoirs de retenue qui pour des raisons de minimisation du coût d'investissement initial de la mine sont construites au fur et à mesure que besoin se fait sentir (cf. figure 5 ci-dessous). La première cellule conçue en 2006, devait stocker 250 240 tonnes sèches de résidus par an pendant 4 ans avec un stockage volumétrique de 599 400 m³ [source : epoch resources (pty) ltd. octobre 2014].

Une nouvelle cellule a été réalisée en 2014 pour stocker 3,98 million de tonnes de résidus de zinc sur une période de 7 ans.

Chaque cellule excavée in situ dans les sols en latérite est revêtue d'une membrane de PEHD, et a une profondeur de 4 m, une digue d'une hauteur de 7 m. La base latéritique de chaque cellule a été extraite et recompactée avant la pose de la membrane de PEHD de 1.5 mm. Les sols sous-jacents dans la zone d'empreinte de chaque cellule ont une perméabilité saturée de l'ordre de 10⁻⁸m/s lorsqu'ils sont compactés, créant ainsi une barrière de faible perméabilité naturelle en plus du revêtement PEHD.

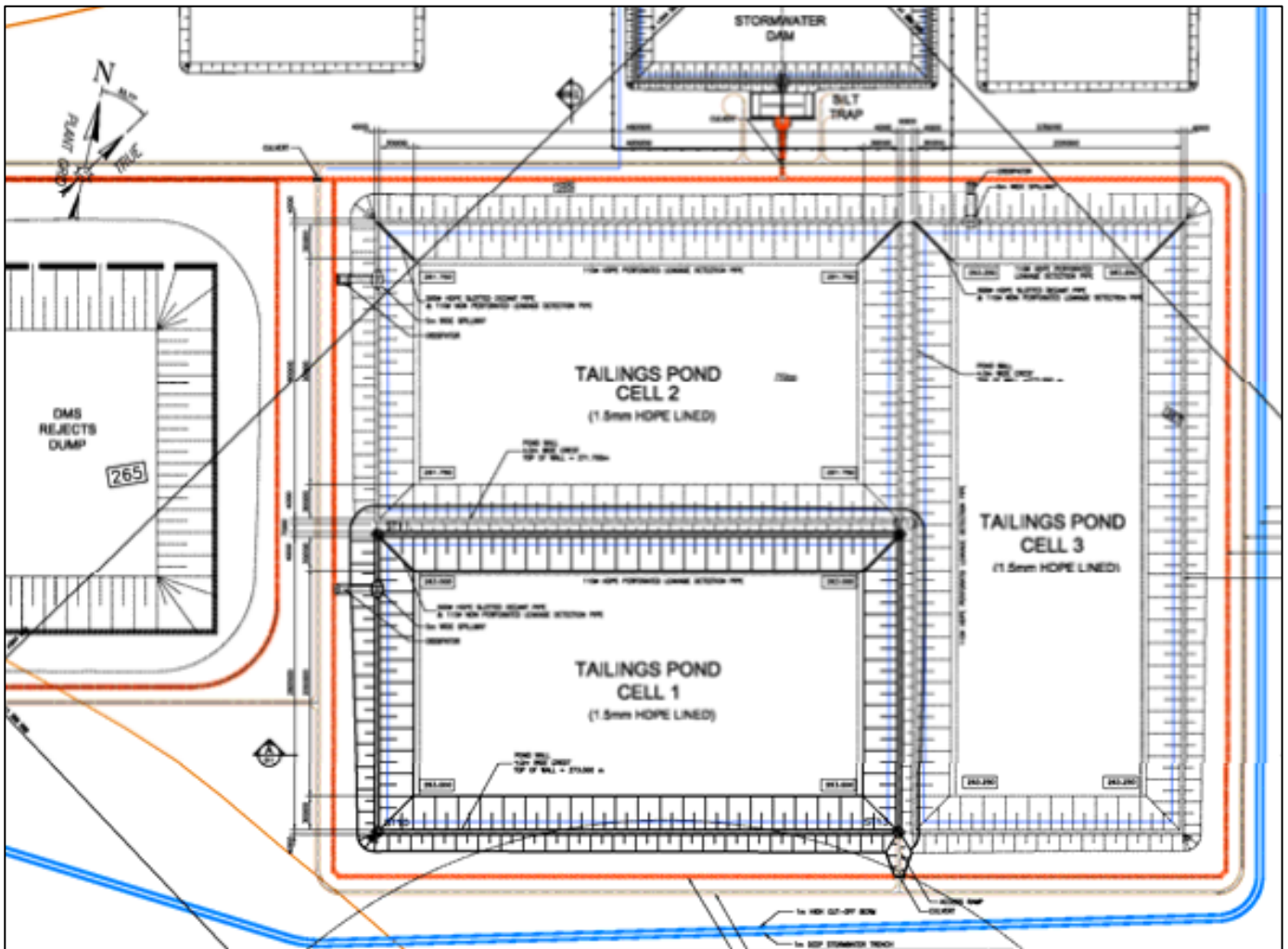


Figure 5: critères de construction du parc à résidus de [source : epoch resources (pty) ltd., octobre 2014)].

2- Ouvrages associés au parc à résidus

Il est associé au parc à résidus les ouvrages suivants :

- un système de détection des fuites mise en place pour surveiller toute infiltration qui peut se produire si le revêtement est endommagé ou fuit ;
- un bassin de stockage des eaux pluviales d'une superficie totale de 5.3 ha et d'une capacité de 135.000 m³ qui sert de deversoir. Les pentes latérales intérieures sont recouvertes d'un revêtement PEHD de 1,5 mm d'épaisseur. Il est dimensionné pour contenir des eaux de ruissellement d'une pluie de période de retour de cinquante ans (130 mm en 24 heures) ;
- un déversoir de 05 mètre de largeur intégré du côté Nord-Ouest pour tenir compte de la décharge de l'eau dans le bassin de stockage des eaux

pluviales en cas de débordement un bassin de stockage des eaux de procédées qui permet la re-circulation de l'eau à l'usine en circuit fermée.



Figure 6 : Image aérienne google du parc à résidus et des infrastructures associées 2015, adaptée ZIDA Félix

II – Exploitation du parc à résidus

1- Transport et mode de déposition des résidus

Les résidus sont pompés depuis l'usine de traitement et déposés dans le parc à résidus à partir d'un point de décharge situé sur la crête par deux tuyaux soutenus par des bois de retention. Ils sont épaissis avant d'être pompés vers le parc à résidus, ce qui permet de réduire au maximum toute pression interstitielle sur la digue.

Pour remplir le parc de façon homogène, les points de décharge sont déplacés périodiquement. Après déposition, la pulpe s'écoule vers le point le plus bas du parc à résidus. Ce processus favorise la décantation, qui permet une séparation entre les particules (pulpe) et l'eau; ceci engendre une ségrégation dans le parc à résidus qui influence les propriétés physiques des matériaux dont la sédimentation des particules qui ne sont plus en milieu subaqueux après un temps donné.



Figure 7 : photographie illustrant le mode de dépôt des résidus miniers (source : ZIDA Félix juillet 2015)

Les conséquences d'une telle déposition est la non maîtrise des pentes et du niveau des résidus par rapport à la hauteur de la crête de la digue. A titre d'exemple le dépôt des résidus du côté Sud-Ouest du mur du parc dépasse la crête de la digue, ce qui crée des risques de déversement de résidus et de ruissellement d'eau contaminée (voir figure 8 ci-dessous). La recommandation de maintenir les résidus en milieu subaqueux n'est pas respectée et le risque drainage acide n'est pas évité.



Figure 8 : dépôt de résidus à la hauteur de la crête 2015 (source : ZIDA Félix juillet 2015)

2- Nature et composition des résidus miniers

Les résidus du parc sont de nature liquide (60 %) et solide (40 %). Ils sont composés d'eau, de fines particules et de métaux lourds, principalement de zinc, d'argent, de plomb et de cuivre.

Les éléments métalliques qui s'y trouvent sont sous forme de complexe comme l'arséniate ou l'oxyde de fer, sous forme dissoute ou sous forme insoluble.

Les évaluations géotechniques et minéralogiques sur les résidus et les matériaux grossiers de réjets donnent les résultats suivants (ERM, 2006) :

- résidus de sulfure (23,4 %), composés principalement des minéraux de sulfure de fer ;
- capacité de neutralisation de l'acide non significative ;
- sulfure sous forme oxydable et acidogène.

En conclusion, ces résidus sont classés comme ayant un potentiel de génération de drainage minier acide extrêmement élevé.

La composition du parc à résidus est donc dépendante de la constitution en partie de la roche mère et des produits chimiques au cours du traitement du minerai.

III – Gestion actuelle du parc à résidus miniers

1- Suivi technique

Ce volet est essentiellement assuré par les opérateurs de l'usine et concerne les paramètres suivants : l'élévation des résidus par rapport à la crête, le suivi de la déposition, la stabilité physique de la digue (érosion régressive, fissures).

Au regard du potentiel de génération du drainage minier acide des résidus, les boues des résidus pompées vers le parc à résidus sont dosées avec de la chaux produisant une suspension alcaline ayant un pH 10-12. Ce processus favorise la séparation des sulfures de fer et de zinc permettant de créer des conditions inhibantes du développement d'un environnement acide qui est propice à la génération du DMA par les résidus.

Le département de l'Environnement réalise des inspections visuelle en vue de détecter et de signaler les cas d'érosion, de fissures ainsi que tous éléments pouvant affecter la stabilité physique de la digue du parc a résidus minier.

Egalement la société mère Glencore recommande la tenue d'audit tous les six mois afin d'évaluer continuellement les risques liés au fonctionnement du parc à résidus pour les communautés riveraines et l'environnement.

2- Suivi environnemental

Pour s'assurer de la qualité des eaux souterraines susceptibles d'être affectées par les activités du parc à résidus, des ouvrages ont été installés autour du parc. Il s'agit essentiellement :

- d'un regard qui est un système de détection des fuites en dessous du revêtement PEHD ;
- des piézomètres qui permettent le suivi de la qualité des eaux et les fluctuations de la nappe.

Les eaux du regard et des piézomètres sont régulièrement prélevées par le Département de l'environnement de la mine et les échantillons sont envoyés dans un laboratoire privé pour analyse.

Les résultats obtenus sont comparés aux résultats des eaux issues du parc à résidus et des autres forages présents sur le site afin de noter les différents changements dans les paramètres.



Figure 9 : regard parc à résidus de Nantou Mining (source : ZIDA Félix, juillet 2015)

PARTIE 3 : PROPOSITION D'UN SYSTEME DE GESTION

Le plan de gestion est basé sur les recommandations de l'Association Minière du Canada et la Directive 019 du Canada. Il comprend 03 étapes que sont : la politique et l'engagement, la planification et la surveillance.

I- Politique et engagement

Le plan de gestion doit être élaboré et appliqué de sorte à ce que les impacts du projet soient minimisés et les risques de défaillances évitées. Nantou devra s'engager à exploiter et fermer son parc à résidus de telle façon à ce que :

- toutes les structures soient stables ;
- la protection de l'environnement et des villages riverains soit assurée ;
- les normes et lois s'y rapportant soient respectées.

1- Objectif

L'objectif du plan est d'élaborer des critères de surveillance et des procédures de travail qui assureront une exploitation du parc à résidus qui soit :

- conforme au plan de conception ;
- respecte les exigences réglementaires, les politique et normes e;
- offre une protection permanente à l'environnement et assure la santé et la sécurité du public ;
- laisse un site acceptable et exploitable après la fermeture.

2- Gestion de la conformité réglementaire

La gestion des parcs à résidus est encadrée par la réglementation du Burkina Faso, que sont le Code minier, le Code de l'environnement, le Code de l'hygiène publique et différents décrets d'application (cf. tableau 2 ci-dessous). Aussi, certaines normes volontaires internationales comme celles de la Société Financière Internationale (SFI), la norme ISO 14001 et la norme de l'Association Minière Canadienne (AMC) serviront de lignes directrices pour guider la gestion du parc à résidus de la mine de Nantou Mining SA.

Tableau 2 : exigences legales et reglementaires gestion parc à résidus minier au Burkina Faso

	REGISTRE DES EXIGENCES LEGALES ET AUTRES ENVIRONNEMENT	Code de classification : Annexe 3 du Manuel Environnement Date émission : Mai 2013 Date de révision : 2015	
Aspect associé	Texte legal	Article	Facteurs clés
Promotion d'un environnement sain	Loi N°006-2013/AN portant code de l'environnement au Burkina Faso	Article 6	Bonne pratiques environnementales
Etablissements classés pour la protection de l'environnement	Loi N°006-2013/AN portant code de l'environnement au Burkina Faso	Article 37	Atteintes nuisibles ou incommodantes à l'environnement
Etablissements classés pour la protection de l'environnement	Loi N°006-2013/AN portant code de l'environnement au Burkina Faso	Article 40	Nécessité d'un service en charge de la gestion environnementale
Mesures sur les substances physico-chimiques	Loi N°006-2013/AN portant code de l'environnement au Burkina Faso	Article 48	Détention ou abandon des substances ou des matières dans des conditions susceptibles d'avoir des effets négatifs
Mesures sur les déchets	Loi N°006-2013/AN portant code de l'environnement au Burkina Faso	Article 49	Récupération des déchets générés par les activités
Mesures sur les déchets	Loi N°006-2013/AN portant code de l'environnement au Burkina Faso	Article 57	Installations de traitement des déchets
Lutte contre la pollution de l'air, de l'eau et du sol	Loi N°006-2013/AN portant code de l'environnement au Burkina Faso	Article 71-73-76	Activités soumises à une autorisation spéciale
Gestion des ressources forestières, fauniques et halieutiques	Loi N°003-2011 du 05 avril 2011, portant Code forestier au Burkina Faso	Article 235-237	Protection des eaux
Mine	Loi N°31/2003 du 8 mai 2003 portant Code minier au Burkina Faso	Article 73-76-78	Préservation et gestion de l'environnement
Eau	Loi N°002-2001/AN loi d'orientation relative à la gestion de l'eau	Article 2-24-25-26-33-39	Gestion de l'eau
Eau	Loi N°002-2001/AN loi d'orientation relative à la gestion de l'eau	Article 51	pollution accidentelle des ressources en eau

AIR	Décret N°2001-185 /PRES/PM/MME Portant fixation des normes de rejet des polluants dans le sol, l'air, et l'eau	Article 4-6	Qualité de l'air
Eau	Décret N°2001-185 /PRES/PM/MME Portant fixation des normes de rejet des polluants dans le sol, l'air, et l'eau	Article 10	Qualité des eaux de rejet
Substances dangereuses	Décret N°2001-185 /PRES/PM/MME Portant fixation des normes de rejet des polluants dans le sol, l'air, et l'eau	Article 12	Substances dangereuses
Santé publique	projet de décret N°2001/PRES/PM/MME portant interdiction ou réglementation des nuisances divers	Article 10	Nuisances
Déchets	Loi n° 022-2005/AN portant code de l'hygiène publique au BURKINA FASO	Article 3	hygiène publique
Déchets	Loi n° 022-2005/AN portant code de l'hygiène publique au BURKINA FASO	Article 121	hygiène publique

Certaines normes volontaires internationales comme la norme ISO 14001, de l'Association Minière Canadienne (AMC) et celles de Société Financière Internationale (SFI) et le code international du cyanure peuvent servir de lignes directrices pour la gestion du parc à résidus de la mine de Nantou Mining SA.

La Société Financière Internationale (SFI) a publié en Décembre 2007 un document spécifiquement adressé au secteur minier : Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining. Ce document est une référence en ce qui concerne les bonnes pratiques de l'industrie minière au niveau international. Ces lignes directrices pour la gestion du parc à résidus minier sont :

- Concevoir les parcs à résidus miniers compte tenu des risques / dangers particuliers associés à la stabilité géotechnique ou de la possibilité d'une défaillance hydraulique et des risques que cela pose pour les actifs économiques, les écosystèmes puis la santé et la sécurité des populations en aval.
- Accorder l'importance requise à la gestion des infiltrations et aux analyses de stabilité dans le cadre de la conception et de l'exploitation des installations de stockage des résidus miniers. Il est probable qu'il faille, à cet effet, mettre en place un système de suivi particulier au moyen de piézomètres pour déterminer le niveaux des eaux d'infiltration à l'intérieur de la paroi de la structure et en aval de cette dernière, et le maintenir pendant tout le cycle de vie de la mine.
- Prendre en compte dans les spécifications de la conception le niveau maximal de crue probable et le dispositif de retenue nécessaire pour la contenir en toute sécurité (compte tenu des risques propres au site) pendant toute la durée de vie des digues à stériles, y compris la phase de déclassement.
- Mettre en dépôt sur le terrain les résidus dans un système qui peut isoler les matériaux générateurs de lixiviats acides de facteur d'oxydation ou d'eau d'infiltration, par exemple un bassin de résidus assorti d'un barrage suivi d'opérations d'exhaure et de recouvrement. Il importe de concevoir, construire et exploiter les options autres que la mise en dépôt sur le terrain

conformément à des normes de sécurité géotechniques reconnues sur le plan international.

Le Code international de gestion du cyanure quant à lui met l'accent sur la production, le transport et l'utilisation du cyanure dans l'extraction. Il est géré par l'Institut International de Gestion du Cyanure (IIGC), une organisation à but non lucratif basée à Washington, D.C.

II- Planification

Elle a pour objectif :

- de définir le cadre de gestion du parc (roles et responsabilites des intervenants/suivi et surveillance) ;
- d'identifier et d'évaluer les risques lies à sa gestion ;
- de préparer les interventions en cas de situations d'urgence.

1- Rôles et responsabilités

Dans le système actuel, la gestion et l'exploitation du parc à residus revient au département usine. D'autre intervenant sont à noter, notamment HSEC et la maintenance mais aucun organigramme fonctionnel n'a été établi.

Aussi au vu des différentes interventions, nous proposons l'organigramme ci-dessous :

Tableau 3 : rôles et responsabilités des différents intervenants

Poste	Tâches	Responsabilités
Directeur Usine	Responsable de toutes les opérations de broyage, de traitement des résidus miniers et de l'usine.	• Responsable de tous les aspects relatifs à la déposition des résidus. • Responsable du respect du plan de déposition des résidus miniers. • Responsable de tous les aspects d'opération de l'usine et du parc à résidus. • Responsable du respect de la surveillance du parc à résidus et des structures auxiliaires. • S'assure que le site reste en conformité avec les standards de Nantou applicables à l'entreprise aussi bien que les réglementations et les permis nationaux. • Responsable des inspections journalière, hebdomadaire et mensuelle du parc à résidus et des structures auxiliaires.
Superviseur Usine /métallurgie/ laboratoire	Identifie et fournit des plans et processus de gestion des résidus miniers rentables.	• Réalise des revues régulières de la surveillance de la berme et de la pratique opérationnelle. • Informe et travaille en collaboration avec le Responsable Environnement sur toutes les questions irrégulières. • Responsable de s'assurer de la conformité avec le plan de gestion des résidus miniers. • Responsable de la caractérisation des résidus nature, composition physico-chimique et densité • Responsable de la caractérisation des produits chimiques utilisés dans la flottation • Responsable des inspections journalière, hebdomadaire et détaillées du parc à résidus et des structures auxiliaires en collaboration avec le Directeur de l'Usine et le Responsable de l'environnement.
Directeur Maintenance	Il a la responsabilité d'exécuter les exigences de l'entretien. Responsable d'apporter un support technique et matériel lorsque demandé par le directeur l'usine	• Responsable de la fourniture des services en mécanique/électricité et des réparations. • S'assure que tous les aspects relatifs à l'opération du système des résidus miniers sont respectés • Responsable de l'inspection et de la maintenance des pompes. • Responsable du contrôle qualité relatif à tous les aspects de l'opération du système des résidus miniers. • Assure les réparations et les entretiens sur les structures du TSF (fissure, érosion, gonflement...) lorsque demandé par le Directeur de l'usine • Fournit les équipements nécessaires et les opérateurs nécessaires pour répondre aux situations d'urgences.

Superviseurs Usine	Il a la responsabilité d'apporter un appui technique tel que requis.	• S'assure que les stocks des matériaux de réparation de la berme sont disponibles et facilement utilisables. • Participe à la surveillance du parc à résidus et des structures auxiliaires (relevé d'arpentage)
Responsable Environnement	Responsable du programme de suivi de l'eau superficielle et souterraine en périphérie du parc à résidus miniers et des structures auxiliaires. S'assure de la conformité des pratiques de la mine avec les politiques de Glencore	• S'assure que le programme d'évaluation de la sécurité de la berme, les inspections et les revues de sécurité sont faites conformément aux exigences spécifiées. • Responsable des programmes de suivi environnemental. • S'assure que l'opération du parc à résidus minier et des structures auxiliaires est conforme aux objectifs de l'entreprise aussi bien qu'aux réglementations et aux permis nationaux. • Responsable des mises à jour des plans de fermeture.
Coordonnateur Mesures d'Urgence	Responsable d'activer les procédures de gestion des crises	• Responsable de la mise à jour du Plan de Réponse d'Urgence. • Assure une formation adéquate du personnel de Réponse d'Urgence. • S'assure que le Plan de Réponse d'Urgence est mise en oeuvre en temps d'urgence. • S'assure que les exigences du Plan de Réponse d'Urgence sont prises en compte.
Responsable Santé-Sécurité	Responsable de la sécurité du personnel	S'assure qu'aucune émanation ne crée de dangers pour le personnel. Et qu'en cas d'intervention la sécurité des travailleurs est assurée.

Le Directeur Général doit s'assurer que les ressources adéquates (financières et humaines) sont disponibles pour assurer que les opérations se déroulent dans des conditions de sécurité adéquate

L'audit externe semestriel étant une recommandation de Glencore, les consultants commis devront s'assurer que leurs recommandations sont mises en œuvre et que le niveau d'exécution est satisfaisant.

2- Evaluation des risques et gestion des changements

L'évaluation des risques, le suivi des changements en plus de l'analyse du cadre réglementaire est la base du plan de suivi et de surveillance.

Elles permettront également à l'équipe des mesures d'urgence de préparer leur réponse aux situations. La cotation utilisée sera celle de Glencore décrite dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : Matrice de cotation des risques (source : Glencore Corporate Risk Management Framework, 2013)

	sante securite	Environnement	impact financier	Image & Reputation / Communauté	Droits et conformite reglementaire
5 Catastrophique	deces multiples multiple cas d'invalidite effets sur la corps en totalite ou effets permanent	dommage ou effet sur l'environnement (permanent>10 ans) necessite d'assainissement majeur	perte du benefice d'exploitation >\$500M Dommage materiel >\$200M	couverture mediatique negative au niveau international perte de plusieurs clients importants ou d'une grande proportion de contrats de vente perte du soutien de la communauté impact negatif significatif sur le cours de l'action	contentieux majeur poursuite au niveau de l'entreprise Glencore nationalisation perte de licence d'exploitation
4 Majeur	fatalite ou incapacite effets sur la sante a long terme (2 a 10 ans)	effets a long terme (2 to 10ans) impact necessitant un assainissement significatif	Perte du benefice d'exploitation compris entre \$100-500M dommage materiel compris entre \$50-200M	couverture mediatique negative au niveau national Examen du gouvernement et des ONG plainte de plusieurs clients en fin de chaîne Perte de clients majeur perte du soutien de la communauté impact negatif sur le prix de l'action	poursuite au niveau du ministere de tutelle
3 Modéré	Blessure avec perte de temps blessure invalidante effets sur la sante des travailleurs necessitant plusieurs traitements medicaux a moyen terme (<2)	effet a moyen terme (<2 ans) impact necessitant un assainissement modéré	perte du benefice d'exploitation \$50-100M dommage materiel compris entre \$5-50M	couverture mediatique negative au niveau local et au niveau regional de plus d'un jour regional plainte de consommateur en fin probleme social entrainant une plainte au niveau communautaire	contentieux majeur poursuite au niveau des direction techniques
2 Mineur	blessure necessitant un traitement medical ou donnant droit une restriction des taches	impact a court terme necessitant une mesure corrective mineure	perte du profit d'exploitation compris entre \$5-50M dommage materiel entre \$1-5M	Plainte des parties prenantes au projet ou des communautés couverture mediatique negative au niveau local	violation des règles locales resultant en des amendes ou des litiges
1 Negligeable	premiers secours	aucun dommage ou effet environnemental	perte de profit <\$5M Dommage materiel <\$1M	couverture mediatique negligeable	violation des règles ne donnant pas lieu a des amendes ou des litiges

Tableau 5 : probabilité d'occurrence des risques (source : Glencore Corporate Risk Management Framework, 2013)

PROBABILITE DE L'EVENEMENT DE SE PRODUIRE AVEC CETTE CONSEQUENCE					
base de cotation	E - Rare	D - Improbable	C - Possible	B - Certain	A – Sure
	improbable de ce produire durant la vie de la mine OU tres improbable que cela se produise OU Aucune occurrence connu dans les frontieres proches de la societe	Peu se produire au moins une fois durant la vie de la mine OU plus improbable de ne pas se produire que de se produire OU s'est deja produit au moins une fois au niveau des frontiere de la societe	peut se produire plus d'une fois durant la vie de mine OU peu ou pas se produire OU s'est produit au moins une fois dans la mine ou dans une de ses filiales	pourrait se produire au mois une fois par an OU Plus certain de se produire que de ne pas l'etre OU S'est produit au moins une fois au niveau de Glencore	S'est produit plusieurs fois par an OU s'attend a ce que cela se produise OU S'est produit plusieurs fois dans Glencore
	15 (M)	19 (H)	22 (H)	24 (H)	25 (H)
	10 (M)	14 (M)	18 (H)	21 (H)	23 (H)
	6 (L)	9 (M)	13 (M)	17 (H)	20 (H)
	3 (L)	5 (L)	8 (M)	12 (M)	16 (M)
	1 (L)	2 (L)	4 (L)	7 (M)	11 (M)

Tableau 6 : register des risques concernant la gestion du parc à résidus (source : ZIDA Félix, juillet 2015)

Aspect ou Situation d'urgence	Impact	Niveau de risque		Niveau de risque initial	Mesure(s) actuelle(s)	Niveau de risque		Niveau de risque résiduel	classification du risque
		Conséquence	Probabilité			Conséquence	Probabilité		
infiltration et contamination de la nappe	pollution des eaux et des sols	5	3	15	suivi piézométrique et analyse des eaux du regard	5	3	15	risque modere
bris /fissure/erosion de la digue	instabilité de la digue	2	5	10	inexistante	2	5	10	risque modere
fuite dans la tuyauterie	pollution sols	2	5	10	inexistante	2	5	10	risque modere
intoxication animaux et humains	maladie pulmonaire a cancerigène	5	1	5	deposition en milieu subaqueue et distance de securite observée	5	1	5	risque mineur
noyade	fatalité	4	2	8	inexistante/ procedure de travail au niveau des bassin	4	2	8	risque modere
débordement du parc et des regards	pollution des sols et eaux de surface	4	2	8	surveillance du niveau et pompage	4	2	8	risque modere
rupture de la digue	pollution des sols et eaux de surface, perte de vie humaine et ecosysteme	5	3	15	audit de conformite/ surveillance	5	2	10	risque modere

C'est le rôle du Directeur de l'usine d'incorporer les changements apportés à la conception du parc à résidus ou aux paramètres d'opération dans le manuel de fonctionnement. Il a aussi la responsabilité de documenter les procédures pour s'assurer que l'intégrité du système de gestion et que les plans approuvés sont respectés.

Le contrôle sur les changements susceptibles d'être opérés concernent les :

- changements de personnel, de rôles et de responsabilités ;
- changements, temporaires ou pas, des plans et procédures approuvés ;
- changements/ évolution des exigences réglementaires.

3- Compétences formation et sensibilisation

Le plan de formation adéquate à tout le personnel, y compris les entrepreneurs et les fournisseurs, dont le travail peut affecter de façon significative le parc à résidus (cf. tableau 7 ci-dessous). Les aspects types de la gestion à couvrir pendant la formation sont :

- plans de gestion d'un parc à résidus ;
- rôles et responsabilités de chacun et rapports hiérarchiques ;
- risques éventuels et impacts sur l'environnement ;
- gestion du risque ;
- préparation et intervention en situations d'urgence.

Tout le personnel qui travaille au niveau du parc à résidus et des structures auxiliaires doit avoir une bonne compréhension du fonctionnement du parc à résidus et de leurs rôles et responsabilités respectifs, c'est le rôle du superviseur hiérarchique de s'en assurer. Toute observation de fonctionnement hors des paramètres normaux d'opération doit être immédiatement signalée au Directeur de l'usine.

Tableau 7 : exigences de formation minimale recommandée

Poste	Exigences de formation minimale recommandées
Directeur Usine Directeur Maintenance	• Une revue détaillée du plan de fonctionnement et une bonne compréhension de toutes les exigences afférentes. • Une bonne compréhension de l'exigence de la surveillance de la berme incluant un raisonnement fondamental et une bonne compréhension du Plan de Réaction d'Urgence. • Une revue détaillée de ce manuel chaque année avec la mise à jour tel que requis.
Superviseurs Usine Superviseurs Maintenance Responsable Environnement Coordonnateur des Mesures d'Urgence	• Une revue du plan de conception et de fonctionnement chaque année. • Une revue détaillée des conclusions et des recommandations contenues dans l'inspection et la revue de sécurité de la berme la plus récente.
Personnel qui travaille au niveau des structures auxiliaires	• Formation sur la surveillance du parc à résidus minier • Formation sur l'opération du parc à résidus minier

III – Surveillance

Le plan de surveillance se compose de procédures opérationnelles et administratives. Il définit également les paramètres de suivi et de contrôle, la fréquence et le chronogramme des interventions et la tenue de la documentation.

1- Paramètres de suivi

Ils regroupent des grandeurs mesurables qui permettent de suivre les caractéristiques essentielles du parc à résidus (cf. tableau 8 ci-dessous).

Tableau 8 : paramètres d'observations visuelles

Pente amont des digues	Crête de la digue
• Affaissement du talus • Cavitation, trous ou effondrement dans la digue • Fissures longitudinales au talus de la digue • Erosion/ dommages au rip rap	• Glissement de Crête de la digue • Affaissement en crête de la digue • Fissure longitudinale en crête • Fissure transversale • Ornières • Tassement différentiel
Pente aval et pied de la digue	Gestion de l'eau
• Dépression, tassement au pente ou pied de la digue • Venue d'eau, zone humide • Bouillons d'exfiltration d'eau au pied de la digue • Terriers • Zone molles et humides à l'aval de la digue • Sillions d'érosion • Végétation envahissante	• Revanche insuffisant • Niveau d'eau de l'étang élevé • Fuite autour de la conduite d'évacuation • Rupture de l'ouvrage d'évacuation • Erosion par la conduite d'évacuation • Erosion du rip-rap dans le déversoir • Déversoir bloqué • Erosion et obstruction dans le canal d'évacuation

2- Procédures opérationnelles

Elles décrivent les méthodes de travail qui permettront de suivre la réactivité des résidus ainsi que leur impact sur l'environnement et la santé, sécurité (cf. tableau 9 ci-dessous)

Tableau 9 : caractéristiques et modes de transports des résidus

Epaississement de la pulpe	Ajout des réactifs
• Densité de la pulpe de résidus • Propriétés physiques, propriétés chimiques • Granulométrie et mineralogie des résidus • Indice de plasticité • Potentiel de génération d'acide et de lixiviation des métaux	• Chaux (pour regular le pH entre 9-12) et éviter tout oxidation • Sulfate de zinc pour active les molecules de zinc • Metabisulfite de sodium sert de moussant pour faciliter le transport • Xanthate comme collecteur
Mode de transport	Déposition des résidus
• Taux de production et volume de résidus • Pression d'opération normale de la pompe et des conduites de résidus	• Plages de résidus miniers et pente des résidus déposés sous l'eau • Élévation maximale de la crête de plage de résidus • Largeur maximale et minimale de la plage • Propriétés chimiques de l'eau interstitielle des résidus et des eaux de décantation

3- Procédures administratives

Elles définissent :

- le mode et la périodicité de contrôle ainsi que les éléments (cf. tableau 10 ci-dessous)

Tableau 10 : type de contrôle et fréquence du parc à résidus

Type d'inspection	Responsable	Fréquence	Elements de verification
Journalière	Superviseurs et chefs d'équipe de l'usine	Journalière	• Etanchéité des tuyaux transportant les résidus • Intégrité des conduites de rejets des résidus miniers • Etanchéité des joints et autres points de soudure Toutes fuites, déversement d'une conduite ou bris sur la digue devront être répertoriés, catégorisés et déclarés à l'aide des fiches d'inspections.
Mensuelle détaillée	Personnel de l'usine et du département environnement formés	Tous les mois saison des pluies Tous les 3 mois saison sèche	Stabilité de la l'infrastructure soumise aux intempéries et aux résidus (chimie et physique) Composition physico-chimique des résidus • Niveau et qualité de l'eau. • Etat des pentes
suivi des non conformité	Responsable parc à résidus	Au besoin ou après un événement	Suivi du niveau de réalisation des mesures correctives relevées lors des inspections

- les outils de suivi qui permettent d'identifier et de décrire les modes de défaillance potentiels; les évaluer et les incorporer dans un programme de surveillance (voir formulaire d'inspection ci-dessous).

Formulaire d'inspection Parc à résidus et bassin d'eau

Responsable de l'inspection :

Conditions atmosphériques : Soleil ☐ Nuages ☐ Pluie ☐

Date :

Eléments	Oui	Non	Observations/Niveau de priorité
Nom du Bassin :			
1. Crête de digue			
1.1 Fissure longitudinale en crête	☐	☐	
1.2 Fissure transversale de crête	☐	☐	
1.3 Affaissement	☐	☐	
1.4 Ornière	☐	☐	
1.5 Végétations	☐	☐	
1.6 Débordement	☐	☐	
1.7 Tassement différentiel	☐	☐	
1.8 Autres conditions inhabituelles	☐	☐	
2. Pente amont			
2.1 Affaissement du talus	☐	☐	
2.2 Cavitation, trou ou effondrement	☐	☐	
2.3 Fissures longitudinales	☐	☐	
2.4 Érosion/ dommage au rip-rap	☐	☐	
2.5 Niveau d'eau	☐	☐	
2.6 Exfiltration	☐	☐	
2.6 Déversoir d'urgence	☐	☐	
2.6 Autres conditions inhabituelles	☐	☐	
3. Pente aval et pied de la digue			
3.1 Dépression, tassement	☐	☐	
3.2 Erosion régressive	☐	☐	
3.3 Erosion par ruissellement de surface	☐	☐	
3.4 Exfiltration	☐	☐	

3.5 Venues d'eau, zones humides	☐	☐	
3.6 Bouillon d'exfiltration d'eau au pied de la digue	☐	☐	
3.7 Terriers	☐	☐	
3.8 Zones molles et humides à l'aval de la digue	☐	☐	
3.9 Sillons d'érosion	☐	☐	
3.10 Sorties d'eau de percolation ou zones Humides	☐	☐	
3.11 Signes de mouvement : dépressions, bombements ou tassement	☐	☐	
3.12 Végétation	☐	☐	
4. Tuyaux de pompage des résidus			
4.1 Conduite intacte	☐	☐	
4.2 Fuite	☐	☐	
4.3 Déversement	☐	☐	
5. Etat des regards			
5.1 Pleins	☐	☐	
5.2 Débordement	☐	☐	
5.3 Fuite	☐	☐	
5.4 Fissures	☐	☐	
6. Autres conditions inhabituelles	☐	☐	
Autres commentaires :			

Les inspecteurs

Noms	Prénoms	Signatures

4 – Documentation et classement des données de surveillance

Le responsable du parc à résidus doit suivre l'évolution de toute anomalie par la prise de photos et la collecte de données.

Tous les documents relatifs à la surveillance du parc à résidus miniers et des installations de gestion d'eau seront archivés sur le « *company\$(\\srvnanodc01)(Q:) - Concentrator* » et les versions papiers seront archivées dans les bureaux des différents responsables de la surveillance.

Tableau 11 : liste des documents devant être conservés

Inspections	Données d'instrumentation
- Fiches d'inspections journalières - Fiches d'inspections mensuelles détaillées - Rapports inspections statutaires - Rapports d'inspections spécifiques - Rapports de revues de la stabilité	- niveaux d'eaux des puits d'observation - résistance des digues - qualité de l'eau souterraine (puits d'observation) - qualité de l'eau usée (eau de recirculation) - qualité des eaux de surface - levée topographiques - niveau d'eau dans les bassins - débit d'exfiltration des bassins de stockage d'eau

L'ensemble des formulaires d'inspections devront être validés par le Directeur de l'usine et le Responsable du département environnement.

Les données de **suivi environnemental** (niveau d'eau, qualité de l'eau souterraine, qualité de l'eau usée industrielle, qualité de l'eau de surface) seront gérés par le département Environnement.

Quant aux données d'arpentage, ils seront gérés et/ou produits par le département de Genie civil et de Topographie de la mine.

Les données de suivi du niveau d'eau dans les bassins et le suivi des débits d'exfiltration seront gérés par le département usine (métallurgiste).

Toutes ces données seront archivées et centralisées sur le « serveur : *company\$(\\srvnanodc01)(Q:) - Concentrator* ».

Tout le personnel intervenant devra recevoir une formation adéquate lui permettant d'observer et de documenter le fonctionnement des installations et de déceler le moindre écart de rendement du parc à résidus

5- Plan intervention d'urgence

Les risques relatifs aux parcs à résidus miniers doivent être évalués et gérés à chacune des phases du cycle de vie afin de déterminer les probabilités et les modes possibles de défaillance et de prévoir les conséquences de telles défaillances (cf. figure 10 exemple de proposition de plan d'intervention d'urgence de rupture de digue ou bassin).

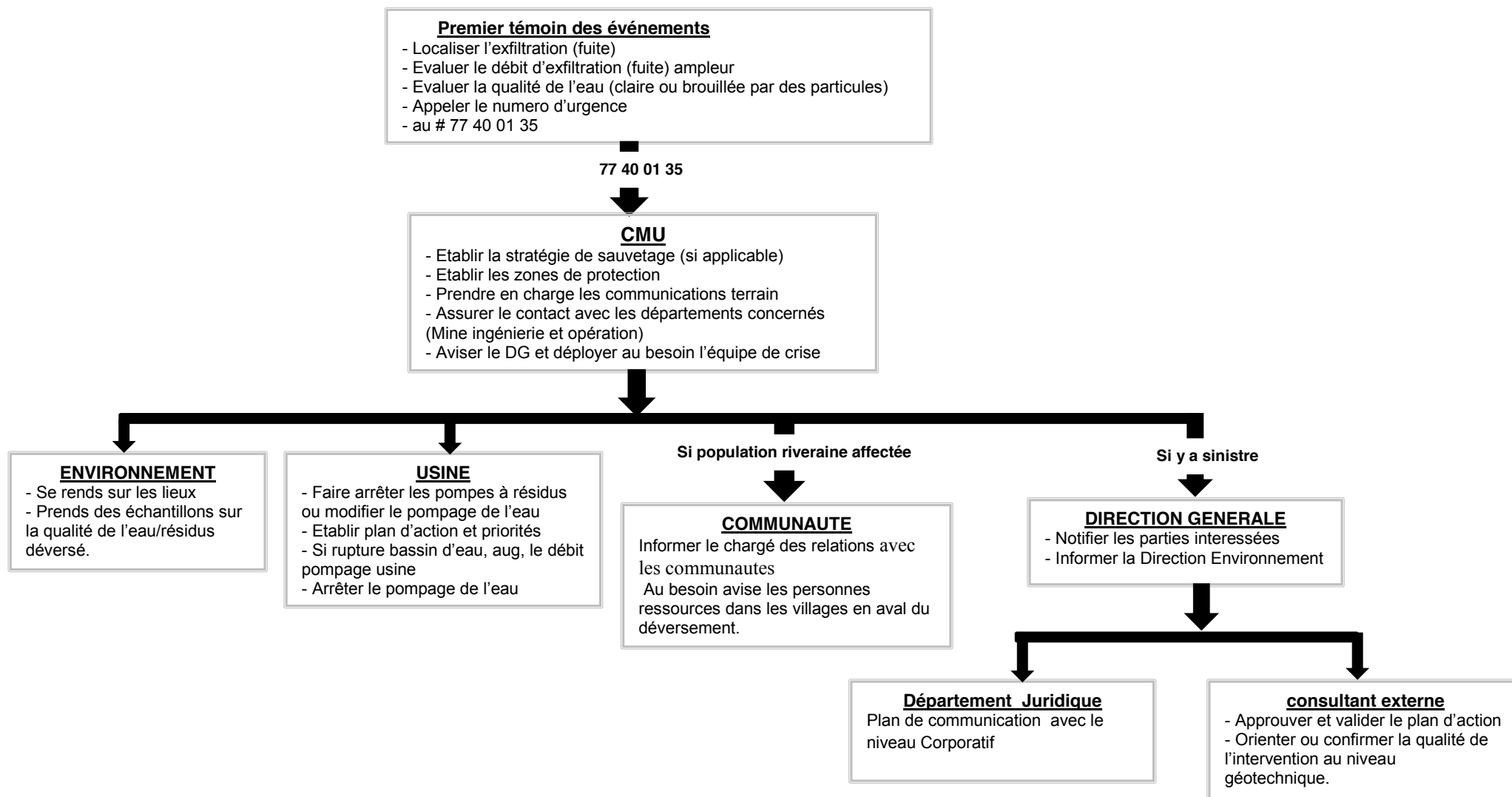


Figure 10 : proposition de plan d'intervention d'urgence rupture digue de parc a residus miniers ou bassin d'eau (source : ZIDA Félix)

IV - Plan de réhabilitation

Afin de minimiser les dommages une fois que les activités minières aient cessées, la restauration devra être progressive. Une bonne planification de la déposition des résidus facilitera la remise en état du parc à résidus.

Les techniques de restauration du parc à résidus dépendent de plusieurs facteurs tels que sont : le climat de la zone, la géochimie de la zone, des activités initiales du lieu etc.

La roche mère contient des sulfures ce qui nécessite leurs neutralisations avec de la roche carbonatée. L'eau de l'usine et le surnageant devra être traitée et ne sera rejetée dans la nature que si elle respecte les normes nationales de concentration des éléments traces métalliques et d'autres produits chimiques tels que le cyanure, le nitrate, etc.

Une fois le bassin de résidus asséché; une couverture de faible perméabilité sera aménagée sur la surface du parc à résidus et une couche de terre végétale posée au dessus. Une revégétalisation peut être effectuée avec les espèces locales qui s'adaptent facilement (voir figure 11 ci-dessous).

Nantou Mining a prévu 5 ans de suivi après la fermeture; mais cette période semble courte, les effets de la pollution des sols et des eaux peuvent se manifester 10 à 15 ans après la fermeture. Aussi nous proposons un minimum de 10 ans de suivi et de surveillance.

La zone ne sera rendue à l'utilisation originelle des sols (agro pastoral) que si toutes les analyses physiques (stabilité) et chimiques sont conformes aux normes.

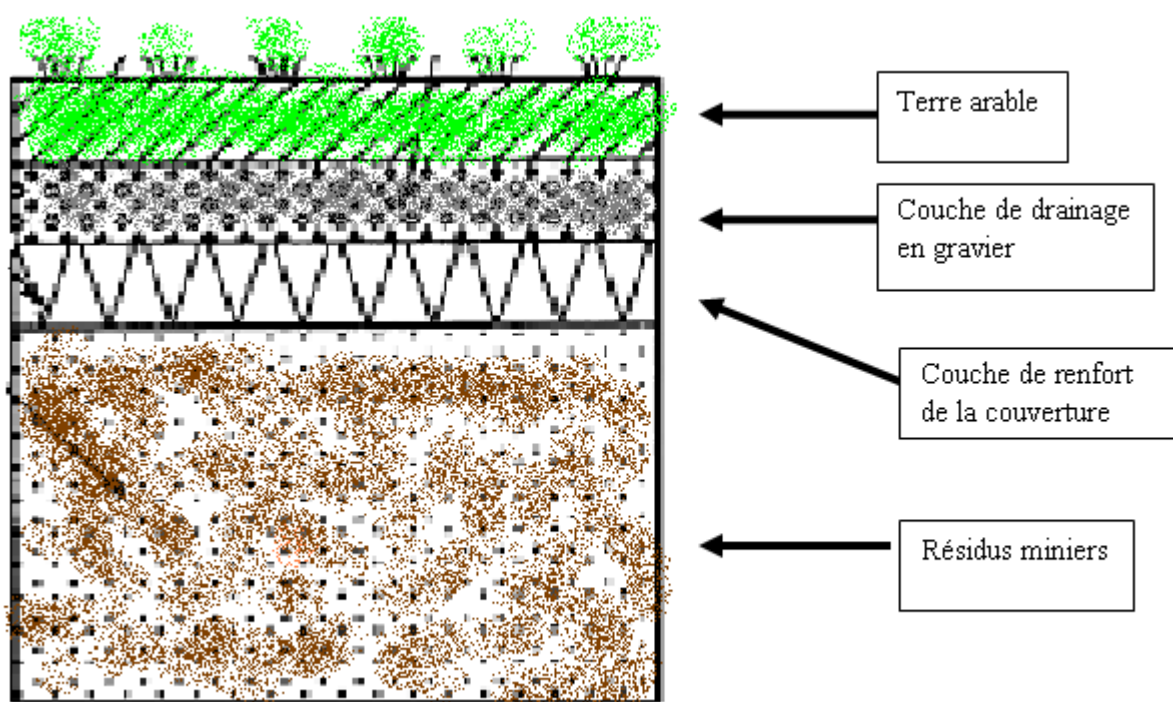


Figure 11 : Système de couverture du parc à résidus (Commission Européenne, 2009, adaptée ZIDA Félix)

CONCLUSION GENERALE

L'objectif principal de ce rapport était de proposer un plan de gestion du parc à résidus de la mine de zinc de perkoa.

Il ressort de l'analyse des données et des modes opératoires actuelles que malgré les efforts fournis le système de gestion du parc à résidus de la mine de Perkoa présente des limites qui méritent d'être corrigées.

Face à ces insuffisances, un plan de gestion efficace est donc nécessaire pour prévenir les pollutions qui peuvent subvenir d'une gestion irresponsable de ces ouvrages. La majeure partie de ce plan passe par la définition des responsabilités, l'élaboration de procédures de travail et l'évaluation des risques dans le cadre de la coordination des mesures d'urgences.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

AECOM, 2012. *Etude d'impact environnemental et social de la modification du plan de développement du projet minier de Perkoa, Burkina Faso*, 365p.

Association minière du Canada 2011. *Guide de vérification et d'évaluation de la gestion des parcs à résidus miniers*. Ottawa (Ontario) K1R 7S8, 59p.

Association minière du Canada 2003, 2011. *Comment rédiger un manuel d'exploitation, d'entretien et de surveillance des parcs à résidus miniers et des installations de gestion des eaux*. Ottawa (Ontario) K1R 7S8, 52p.

Association minière du Canada 1998, 2011. *Guide de gestion des parcs à résidus miniers*. Ottawa (Ontario) K1R 7S8, 60p.

Castaing C., Billa M., Milesi J.P., Thhieblemont D., Le Metour J., Egal E., Donzeau M., Guerrot, C. Cocherie A., Chevremont P., Tegye M., Itard Y., Zida B., Ouedraogo C., Ki J.C. and Zunico C. 2003. Notice explicative de la Carte géologique et Ministère des Carrières, des Mines et de l'Energie, Burkina Faso à 1/1 000 000, Ministère des carrières des mines et de l'énergie, Burkina Faso, 148 p.

Commission Européenne, 2009. Document de référence sur les meilleures techniques disponibles [Gestion des résidus et stériles des activités minières], 202p.

Epoch Resources, 2005. *Bankable Feasibility Study of the Residue Disposal Facilities for the Perkoa Zinc Mine – Burkina Faso*, 213p.

Epoch Resources (pty) ltd 2014. *Perkoa zinc mine tailings storage facility monitoring and site inspection report*, 14p.

ERM, 2006. *Etude de Faisabilité Bancaire du Projet d'exploitation de zinc de Perkoa. Burkina Faso*, 104p.

Glencore, 2013. Glencore Corporate Risk Framework Management, 8p.

Gouvernement du Québec, 2012. Directive 019 sur l'industrie minière mars 2012, 95p.

IFC, 2007. *Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines. General EHS Guidelines : Introduction*, 99 p.

IFC, 2007. *Environmental, Health, and Safety Guidelines.Mining*, 33 p.

Rico M., Benito G., Díez-Herrero A, 2008. Floods from tailings dam failures. *Journal of Hazardous Materials* 154(1-3): 79-87.

Ressources internet

Aubertin M., Bussière B. and Bernier L. 2002. «Environnement et gestion des rejets miniers. Montreal, Quebec, Les Presses Internationales de Polytechnique». <www.polymtl.ca/enviro.../Steriles-Aubertinetal-2sept05-Final.pdf>. consulté le 19/05/2015.

Chambre des Mines du Burkina, 2015. «Evolution de la production d'or par type d'exploitation». <<http://chambredesmines.bf/?Evolution-de-la-production-d-or/>>. Consulté le 13/08/2015)

Epa, 1995. «Tailings containment. Best Practice Environmental Management in the Mining Industry Environment Protection Agency». <www.energyandresources.vic.gov.au/.../minerals/>. Consulté le 27 mai 2015.

EU, 2009. «Management of Tailings and waste-rock in mining activities. Reference document on Best available techniques, European commission». <<https://www.energimyndigheten.se/>>. Consulté le 27 mai 2015.

Ministère hongrois du Développement rural. «Rejet massif de boue rouge d'aluminium après rupture d'un parc à résidus en Hongrie-Kolontár le 04/10/2010». <www.aria.developpement-durable.gouv.fr/.../FK>. Consulté le 03/06/2015.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Figure 1 : situation géographique de la mine de Zinc de Perkoa (source : Image aérienne google 2015, adaptée ZIDA Félix).....	14
Figure 2 : géologie de Nantou mining (source : AECOM, 2012)	16
Figure 3 : schema général des installations de la mine de zinc de Perkoa (source : AECOM, 2012).....	18
Figure 4 : procédé de l'usine de concentration de mine de zinc de Perkoa (source : AECOM 2012).....	20
Figure 5 : critères de construction du parc à résidus de [source : epoch resources (pty) ltd., octobre 2014)].	24
Figure 6 : Image aérienne google du parc a résidus et des infrastructures associées 2015, adaptée ZIDA Félix.....	25
Figure 7 : photographie illustrant le mode de depot des résidus miniers (source : ZIDA Félix juillet 2015)	26
Figure 8 : dépôt de résidus à la hauteur de la crête 2015 (source : ZIDA Félix juillet 2015).....	27
Figure 9 : regard parc à résidus de Nantou Mining (source : ZIDA Félix, juillet 2015)	29
Figure 10 : proposition de plan d'intervention d'urgence rupture digue bassin ou parc a residus miniers (source : ZIDA Félix)	49
Figure 11 : Système de couverture du parc à residus (Commission Européenne, 2009, adaptée ZIDA Félix)	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : quantité résidus usine de traitement 2004-2015.....	22
Tableau 2 : exigences legales et reglementaires gestion parc à residus minier au Burkina Faso	31
Tableau 3 : rôles et responsabilités des différents intervenants	35
Tableau 4 : Matrice de cotation des risques	38
Tableau 5 : probabilité d'occurrence des risques	39
Tableau 6 : register des risques concernant la gestion du parc à résidus.....	40
Tableau 7 : exigences de formation minimale recommandée	42
Tableau 8 : paramètres d'observations visuelles	43
Tableau 9 : caractéristiques et modes de transports des résidus	43
Tableau 10 : type de contrôle et fréquence du parc à résidus.....	44
Tableau 11 : liste des documents devant être conservés.....	47

ANNEXE

Accord de stage



Perkoa, 13 août 2014

/-)

Monsieur ZIDA Félix
Etudiant fin de cycle Environnement
Tel. 70 49 09 69/78 19 08 86

OUAGADOUGOU

N/REF : 2014/N°00113/NANTOU/DG/DRH

Objet: Votre demande de stage

Monsieur,

Nous faisons suite à votre demande de stage pratique en environnement minier. Par la présente, nous vous informons que nous sommes disposés à vous recevoir en position de stage sur notre site à Perkoa au sein du Service Environnement, pour une période de deux (02) mois allant du 18 août au 17 octobre 2014.

Durant votre stage, vous serez encadré par notre Chef de Service Environnement.

Nantou Mining Burkina Faso S.A s'engage à vous loger sur le site à Perkoa et à vous restaurer durant toute la période de votre stage.

Pendant votre séjour au sein de notre société, vous serez invité au respect strict de nos règles de santé et sécurité au travail de même qu'aux dispositions de notre Règlement intérieur.

Il vous sera alloué une somme forfaitaire de 125 000 (Cent Vingt Cinq Mille) francs CFA par mois comme indemnité de stage et de ce montant seront déduits l'IUTS et la CNSS.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos meilleures salutations.

Olaf Meijer



DIRECTEUR GENERAL



ATTESTATION DE STAGE

Je soussigné, **Ditil Moussa PALENFO**, Directeur des Ressources Humaines de Nantou Mining Burkina Faso S A, atteste que **Monsieur ZIDA Félix** a effectué un stage dans notre société sur notre site à Perkoa au sein du Département Hygiène, Sécurité, Environnement et Communautés, section Environnement **19 août au 18 octobre 2014.**

Durant cette période **Monsieur ZIDA Félix** s'est acquitté des tâches à lui confiées avec abnégation et efficacité.

En foi de quoi, nous lui délivrons la présente attestation de stage pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Perkoa, le 18 octobre 2014



Ditil Moussa PALENFO

DIRECTEUR DES RESSOURCES HUMAINES