

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Nationale Polytechnique



Département Génie Minier
Mémoire de Master en
Génie Minier

**Désulfuration environnementale des
rejets de la mine de la mine Kherzet
Youcef par prétraitement gravimétrique
(Table à secousses)**

BOURARA Anes

Sous la direction de
Mme : A. MERCHICHI

Présenté et soutenu publiquement le
20/06/2017

Composition du Jury :

Président	Dr. AKKAL Rezki	M.C.A	Ecole Nationale Polytechnique
Promoteur	Mme. A. MERCHICHI	M.A.A	Ecole Nationale Polytechnique
Examineur	Dr. OULD HAMOU Malek	M.C.A	Ecole Nationale Polytechnique

ENP 2017

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Nationale Polytechnique



Département Génie Minier
Mémoire de Master en
Génie Minier

**Désulfuration environnementale des
rejets de la mine de la mine Kherzet
Youcef par prétraitement gravimétrique
(Table à secousses)**

BOURARA Anes

Sous la direction de
Mme : A. MERCHICHI

Présenté et soutenu publiquement le
20/06/2017

Composition du Jury :

Président	Dr. AKKAL Rezki	M.C.A	Ecole Nationale Polytechnique
Promoteur	Mme. A. MERCHICHI	M.A.A	Ecole Nationale Polytechnique
Examineur	Dr. OULD HAMOU Malek	M.C.A	Ecole Nationale Polytechnique

ENP 2017

ملخص

الهدف من هذا العمل هو اجراء دراسة حول تنقية نفايات منجم خرزة يوسف. الغرض من هذه الدراسة هو تقليص كمية الكبريتات في المخلفات بحيث تصبح غير مولدة للحوامض، بتطبيق تقنية التعويم غير الانتقائي. قمنا بدراسة تأثير عملية المعالجة الثقالية على المعالجة البيئية للكبريتات بالتعويم غير انتقائي، وذلك باستخدام طاولة اهتزازية، وتطوير علاج إصلاح نظام الإصدار الألبام Kherzet يوسف, ووضع خطة لعلاج نفايات منجم خرزة يوسف .

الكلمات المفتاحية: التعويم، خرزة يوسف، معالجة ثقالية، الكبريتات.

Abstract

The objective of this work is to carry out a decontamination study of the discharges from the Kherzet Youcef mine.

The aim of this study is to remove the maximum amount of sulphides from these mining residues so that they are no longer acid generators by applying the non-selective flotation technique.

In this study, we studied the influence of gravimetric pretreatment on environmental desulphurization by non-selective flotation, using the shaking table, and to develop a treatment plan for decontamination of mine discharges of Kherzet Youcef.

Key words : flotation, Kharzet Youcef, discharges, gravimetric separation.

Résumé

L'objectif de ce travail consiste à réaliser une étude de dépollution des rejets de la mine de Kherzet Youcef.

Le but de cette étude est de retirer le maximum de sulfures à partir de ces résidus miniers afin qu'ils ne soient plus générateurs d'acide, et ce en appliquant la technique de flottation non sélective avec prétraitement gravimétrique.

Dans cette étude nous avons étudié l'influence d'un prétraitement gravimétrique sur la désulfuration environnementale par flottation non sélective, en utilisant la table à secousses, et élaborer un schéma de traitement de dépollution des rejets de la mine de Kherzet Youcef.

Mots clés : flotation, Kharzet Youcef, rejets miniers, désulfuration, separation gravimétrique.

Dédicace

A mes chers parents qui m'ont toujours soutenu et cru en moi,

A mon frère, puisse dieu me le garder,

A toutes les personnes qui comptent pour moi.

Bourara Ines

Remerciements

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes. Nous souhaitons ici les en remercier.

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement Mme MERCHICHI Amira qui nous a permis de bénéficier de son encadrement.

Les conseils qu'elle nous a prodigués, la patience, la confiance qu'elle nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail.

Nous tenons aussi à remercier très sincèrement Dr OULD HAMOU Malek notre chef de département et Dr Akkal Rezki qui nous font le grand honneur d'accepter de juger notre travail.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction Générale	11
1 Présentation de la zone d'étude	12
1.1 Introduction	12
1.2 Situation géographique	12
1.3 Historique des travaux géologiques et miniers	13
1.4 Topographie	14
1.5 Aspect climatologique	14
1.6 Hydrologie et hydrogéologie	14
1.7 Géologie locale de la mine de Kherzet Youcef	15
1.8 Réserves géologiques	16
1.9 Réserves industrielles	17
1.10 Traitement du minerai au niveau de l'usine	18
2 Méthodes gravimétriques	19
2.1 Les méthodes gravimétriques	19
2.2 Principe	19
2.2.1 LA NAPPE PELLICULAIRE FLUENTE[6]	19
2.2.2 METHODE DEL'ACCELERATION DIFFERENTIELLE	20
2.2.3 METHODE DES MILIEUX DENSES	20
2.3 LA TABLE A SECOUSSES	20
2.3.1 Principe de fonctionnement	20
2.3.2 Caractéristiques de fonctionnement	20
2.3.3 Les avantages et les inconvénients d'utiliser la table à secousses	23
3 Partie expérimentale	24
3.1 Réglage de la table	24
3.2 Préparation de la pulpe	24
3.3 Récupération du concentré	24
3.4 Tests de flottation	25
3.4.1 Préparation de la pulpe	25
3.4.2 Stabilisation de la pulpe	26
3.4.3 Conditionnement du pH	26
3.4.4 Ajout des réactifs	27
3.4.5 La flottation	27
3.4.6 Filtration et séchage	28
3.5 Résultats et interprétations	28
3.5.1 Traitement gravimétrique	28

3.5.2 Flottation	28
3.5.3 Les variations de pH et de Eh	31
Conclusion Générale	34
Bibliographie	35

Liste des tableaux

1.1	Coordonnées UTM de la mine de Kherzet Youcef	12
1.2	Titre manquant	16
1.3	Titre manquant	17
1.4	Titre manquant	17
3.1	Titre manquant	27
3.2	poids des concentrés	30
3.3	rendements pondéraux	30
3.4	poids des concentrés	30
3.5	rendements pondéraux	30

Liste des figures

1.1	Situation géographique de la mine de Kherzet Youcef	13
1.2	Coupe hydrogéologique schématique de la région de Kherzet Youcef [3]	15
1.3	Coupe hydrogéologique schématique de la région de Kherzet Youcef	16
1.4	Vue satellite du complexe minier de kharzet youcef	18
2.1	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	21
2.2	COMPORTEMENT DES PARTICULES SUR LA TABLE A SECOUSSE[6]	22
2.3	COMPORTEMENT DES PARTICULES SUR LA TABLE A SECOUSSE	22
3.1	Récupération du concentré	25
3.2	Cellule de flottation	25
3.3	Agitation de la pulpe au sein de la cellule de flottation	26
3.4	Valeur du PH est enregistrée durant tout le processus à l'aide du PH mètre	27
3.5	Recueil du concentré après l'injection d'air	28
3.6	Les rendements pondéraux avec et sans prétraitement	31
3.7	Variation du pH	31
3.8	Variation du Eh	32
3.9	Variation du pH	32
3.10	Variation du Eh	33

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

ANRH : Agence Nationale des Ressources de Normalisation

Ba : Ba

BRMA : Bureau de Recherche Minière d'Algérie

Cc : Coefficient de Courbure

Cd : Cad

Cu : Cuivre

Cu : Coefficient d'Uniformité

DMA : Drainage Minier Acide

DRX : Diffraction aux Rayons X

Eh : Potentiel d'oxydoréduction

ENOF : Entreprise Nationale des Produits Miniers Non Ferreux et des Substances Utiles

ETM : Eléments Traces Métalliques

ETP : Evapotranspiration Potentielle

ETR : Evapotranspiration Réelle

Fe : Fer

L/S : Rapport liquide-solide

Mg : Magnésium

Mn : Manganèse

MO : Matière Organique

MO(WB) : Matière Organique par la méthode de Wlakley Black

M_p : Masse de la couche de paraffine

M'_p : Masse de l'échantillon recouvert de paraffine

M_s : Masse sèche

M_w : Masse de l'eau

ONM : Office National de Météorologie

ORGM : Office Nationale de Recherche Géologique et Minière

PAF : Perte Au Feu

PAM : Potentiel d'Acidité Maximal

Pb : Plomb

PGA : Potentiel de Génération Acide

pH : Potentiel d'hydrogène

PN : Potentiel de Neutralisation Brut

PNN : Potentiel de neutralisation net

Pp : Volume de la paraffine

UTM : Universal Transverse Mercator

V : volume de l'échantillon

W : Teneur en eau

Zn : Zinc

Introduction Générale

L'industrie minière est une activité très ancienne ayant des impacts socio-économiques gigantesques, malheureusement cette discipline cache une autre facette sombre, se résumant à ses méfaits sur l'environnement. A court terme, la destruction du paysage naturel, la fragmentation de milieux écologiques sont des impacts négatifs majeurs tandis qu'à long terme, le drainage minier acide est très dangereux et peut causer d'importants dommages par l'acidification du milieu.

Il a été prouvé par des travaux antérieurs que le complexe minier de Kharzet Youcef est source de pollution dans la région. Nous allons donc, dans le cadre de ce projet réaliser une étude de dépollution de ces rejets. L'objet de ce document est de fournir une étude complémentaire du projet de fin d'étude intitulé désulfuration environnementale des rejets de la mine de Kharzet Youcef par la méthode de flottation, nous allons donc durant ce projet de master voir l'impact d'un prétraitement gravimétrique en utilisant une table à secousses sur la flottation des rejets de la mine de Kharzet Youcef.

En effet ce travail est structuré en trois parties principales, un premier chapitre comportant une présentation générale de la zone d'étude, ainsi que la description du complexe minier et ses différents moyens qui s'y trouvent. Dans le second chapitre nous commençons par une introduction sur les méthodes gravimétriques, et par la suite nous présenterons la table à secousses, son principe de fonctionnement et ses différents paramètres.

Nous terminerons avec un chapitre contenant une présentation des différents essais effectués ainsi que les résultats obtenus.

Chapitre 1

Présentation de la zone d'étude

1.1 Introduction

Ce chapitre présente la zone d'étude et cela dans le but de décrire la géologie et l'hydrogéologie, les différentes structures et installations ainsi que les caractéristiques physiques de la zone et leurs impacts sur le milieu. Le but de ce chapitre est aussi de connaître chacune des étapes par lesquelles passe le minerai depuis son extraction de la mine jusqu'à l'obtention des rejets

1.2 Situation géographique

La mine de Kherzet Youcef est située à l'Est de l'Algérie, à 5km au Nord-Ouest de la ville d'Ain Azel, à environ 50 km Sud-Est de la ville de Sétif et de 60 KM Nord-Ouest de la ville de Batna. A côté de la mine Kherzet Youcef sont situées une laverie et une digue de stockage des résidus de traitement. Cette digue occupe une surface de 07ha [1], recueillant depuis 1979, les résidus de traitement du minerai de Kherzet Youcef et depuis 1994, les résidus du traitement du minerai de Chaabet El Hamra.

Les coordonnées du complexe minier de Kherzet Youcef en UTM (Universal Transverse Mercator) sont reportées dans le tableau ci-après :

Sites/coordonnées	X (UTM)	Y (UTM)	Z (m)
Kherzet Youcef	718 000 à 722 000	3 968 900 à 3 966 500	950 à 1250

TABLE 1.1: Coordonnées UTM de la mine de Kherzet Youcef



FIGURE 1.1: Situation géographique de la mine de Kherzet Youcef

1.3 Historique des travaux géologiques et miniers

Les travaux géologiques de la région ont été commencés depuis l'occupation française (Fournel, 1849 ; Ville, 1857 et 1868 ; Coquant, 1862). La première étude géologique publiée est celle de Brossard en 1866 portant la constitution géologique des monts du Honda. En 1881, Tissot publie une carte géologique au 1/800.000 sur des formations jurassiques ; puis, Fisheur en 1893, dans son étude du Djebel Boutaleb traite une partie de la région de Hadjar Labiod. Entre 1904 et 1920, Savornin publie des études sur la région du Hodna et des plateaux sétifiens et 1952 – 1956, le Bureau de Recherche Minière d'Algérie (BRMA) explore le gisement de Ain-Kahla par des sondages et des travaux miniers.

Le gisement de Kherzet Youcef est un gisement plombo-zincifère, connu depuis le début du siècle dernier grâce aux affleurements en chapeau de fer des couches minéralisées.

Son exploitation a commencé en 1906 à partir de la surface (extraction de calamine à l'aide de descenderie sur certaines couches minéralisées) par la société d'Ampère.

De 1963 à 1965, la société yougoslave RUDIS a effectué des travaux de reconnaissance (sondages d'une longueur de 6861m, creusement d'un puits d'extraction d'une longueur de 238,5m et le niveau principal. La mine a été noyée en 1971. En octobre 1975 et jusqu'en 1979, la société bulgare (B.G.M) a effectué le dénoyage et a construit le complexe minier. En 1987, l'ENOF a confié à la société BGM l'approfondissement du puits n°3.

Il est à souligner que les travaux de développement de la mine ont connus des modifications suite à des difficultés dans le fonçage, liées à la présence d'une intercalation de couches sablonneuses entre le niveau 102 et 110m avec venues d'eau très importantes (740m³/h). Alors, l'ENOF et BGM ont décidé d'ouvrir un seul niveau 692m au lieu de deux avec des modifications dans le projet initial d'exhaure.

Actuellement, la mine est fermée à cause de l'inondation en 1990.

1.4 Topographie

La mine de KHERZET YOUCEF se trouve dans une zone représentée par un ensemble de chainons, dont certains atteignent des hauteurs dépassant les 1500m, ces derniers se relient pour former une barrière topographique et climatique entre le nord de l'Algérie et le domaine saharien.[2]

1.5 Aspect climatologique

Il est indispensable de faire une étude climatologique complète de la région d'étude pour pouvoir identifier les facteurs influençant la dispersion des ETM (éléments traces métalliques). L'étude climatologique de la région a été réalisée par l'ONM de AIN AZEL, dont les coordonnées Lambert de la station sont les suivantes :

- Altitude : 923m.
- X : 754000m.
- Y : 285700m.

La région d'AIN AZEL appartient au sud Sétifien caractérisé par un climat semi-aride, avec un hiver moyennement tempéré et un été chaud et sec.

Le climat de la région est caractérisé par une saison sèche s'étendant sur la plus grande partie de l'année et une saison « humide », avec de faibles précipitations.

1.6 Hydrologie et hydrogéologie

Une étude géologique et géophysique effectuée par l'ORGM dans la zone de KHARZET YOUCEF a montré qu'elle est représentée principalement par quatre les niveaux aquifères suivants :

- a. La nappe barrémienne
- b. La nappe albo-aptienne

- c. La nappe mio-plio-quadernaire
- d. La nappe superficielle

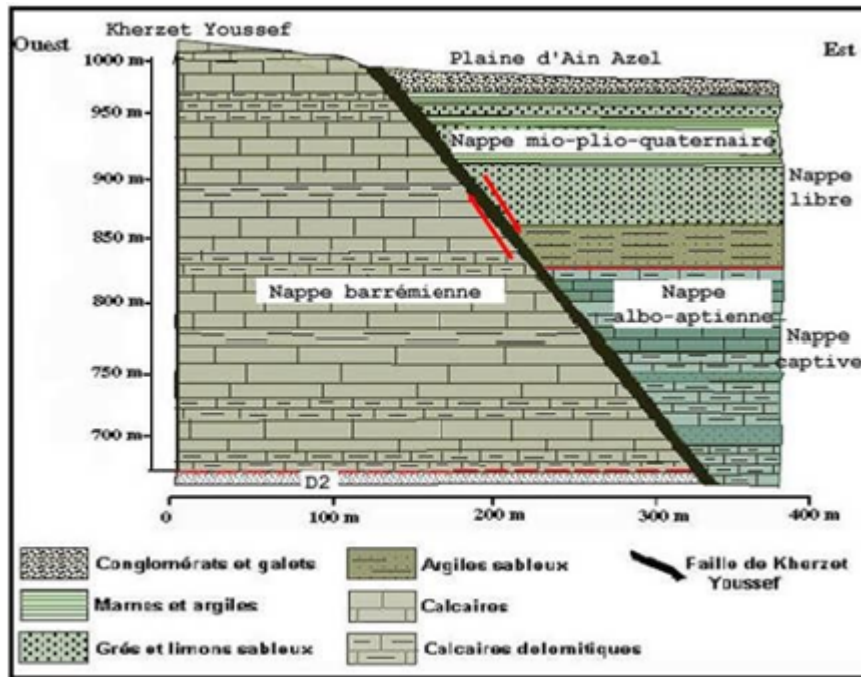


FIGURE 1.2: Coupe hydrogéologique schématique de la région de Kherzet Youcef [3]

1.7 Géologie locale de la mine de Kherzet Youcef

Le gisement de Kherzet Youcef est un gisement stratiforme, à structure monoclinale, se localise dans les formations sédimentaires du Barremien et est associé à une série de dolomies de plates-formes subsidente et instables. Cette série comprend des bancs de dolomies et des intervalles de dolomies marneuses, de marnes et de laminites[4].

La géologie locale de la mine de Kherzet youcef est caractérisée par la présence d'une grande faille normale, de direction N-S à pendage 65 à 85°, limitant le gisement à l'Est et portant le nom de « faille de Kherzet Youcef ». Le flanc Est de cette faille s'enfonce à une profondeur qui atteint les 700m et est recouvert par des formations terrigènes du tertiaire et du quadernaire.

La tectonique de la région de Kherzet Youcef est cassante avec des fissures diaclases et failles.

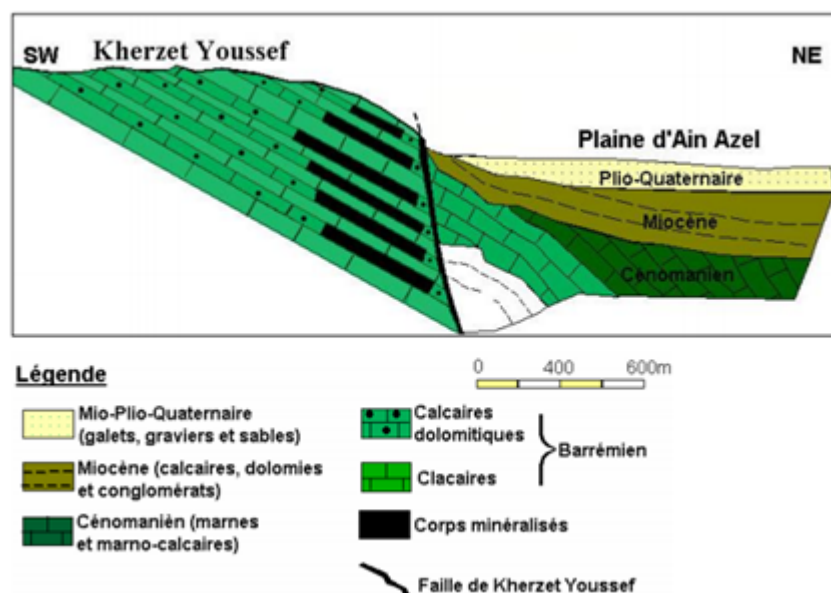


FIGURE 1.3: Coupe hydrogéologique schématique de la région de Kherzet Youcef

1.8 Réserves géologiques

Des calculs de réserves de minerai de 1964 (M. Dolenc), à la base de données obtenues par les sondages réalisés par REMINA, BRGM et en partie par RUDIS (méthode de profils parallèles), sur une longueur de 500m dans la direction nord-sud, 750 000 tonnes de minerai d'une teneur de 2,6% en Pb et de 17% en Zn, explicité dans le tableau suivant :

Réserves	Minerai (Tonne)	Teneur en Plomb (%)	Teneur en Zinc (%)	Pb en T.	Zn en T.
Réserves certaines	499 500	2,5	17,1	12 500	85 400
Réserves probables	153 500	2,8	16,4	4300	25 200
Réserves possibles	97 000	3,0	17,0	2900	16 500
Total	750 000	2,6	17,0	19 700	127 100

TABLE 1.2: Titre manquant

Des calculs de réserves ont été effectués à la base de onze sondages profonds (RUDIS, 1963-1964), dont le tonnage a été évalué de 275 000 tonnes de minerais, d'une teneur de 4,9% de plomb et 19,8% de zinc, réparties de la manière suivante : explicité dans le tableau suivant :

Réserves	Minerai (Tonne)	Teneur en Plomb (%)	Teneur en Zinc (%)	Pb en T.	Zn en T.
Réserves certaines	126 500	6,2	21,9	20 300	27 800
Réserves probables	65 500	4,4	17,4	7150	11 400
Réserves possibles	83 500	3,3	18,4	5650	15 400
Total	275 500	4 ,9	19,8	13 500	54 600

TABLE 1.3: Titre manquant

M. Strucl. a adopté la méthode des projections horizontales des surfaces minéralisées de diverses couches continues suivant le pendage, qu'il a surnommées de A à M. La quantité des réserves de minerai géologique établis se montait à 1 025 500 tonnes d'une teneur de 3,2% en plomb et de 17,7% de zinc.

Réserves	Minerai (Tonne)	Teneur en Plomb (%)	Teneur en Zinc (%)	Pb en T.	Zn en T.
Réserves certaines	626 000	3,2	18,1	20 300	113 100
Réserves probables	219 000	3,3	16,7	7150	36 600
Réserves possibles	180 500	3,1	17,6	5650	31 800
Total	1 025 000	3 ,2	17,7	33 100	181 500

TABLE 1.4: Titre manquant

1.9 Réserves industrielles

La région du gisement de Kherzet-Youcef s'est accrue sur une longueur de 1220 mètres, il a été établi 1 600 000 tonnes de réserves géologiques de minerais de plomb et zinc, d'une teneur de 3,6% de plomb et 18,4% de zinc.

- N.B : - Le rapport entre les catégories des réserves se résume de la manière suivante :
- Réserves certaines : 60,7%
 - Réserves probables : 23,2%
 - Réserves possibles : 16,1%

Les réserves exploitables s'élèvent à 2 700 000 tonnes de minerai de 1,8% en plomb et de 9,3% en zinc. Le minerai est presque exclusivement sulfuré.

Toutefois des difficultés d'exploitation sont apparues en 1990, suite aux inondations souterraines, ayant causé plusieurs victimes (exhaure).

Périodes d'exploitation : Notons que dans la zone d'activité minière, l'ouverture de la mine de Kherzet-Youcef a été inaugurée en 1979 (début de l'exploitation) et arrêtée en 1991. Depuis, il n'a pas été recensé de pollution, due à cette activité. Ceci nous amène à penser que la pollution initiale est insignifiante.

1.10 Traitement du minerai au niveau de l'usine

Le traitement du minerai de la mine de Kharzet Youcef se fait au niveau de la laverie appartenant au complexe minier de Kharzet Youcef qui est l'une des plus grandes réalisations algériennes du domaine minier et cela parce qu'elle présente presque la totalité des méthodes d'enrichissement.



FIGURE 1.4: Vue satellite du complexe minier de kharzet youcef

Cette usine a été conçue initialement pour le traitement du minerai plombo-zincifère de la mine de Kharzet Youcef, mais suite aux inondations qui ont causé l'arrêt des travaux d'exploitation dans la mine de Kharzet Youcef, la laverie s'est dirigée vers le traitement du minerai plombo-zincifère de la mine de Chaabet El Hamra.

Le traitement du minerai plomb-zinc se fait à travers 3 étapes principales :

1. **Le concassage.**
2. **Le broyage et la classification .**
3. **Flottation et Filtration .**

Chapitre 2

Méthodes gravimétriques

Nous allons dans ce chapitre définir les différentes méthodes gravimétriques et les paramètres affectant leur fonctionnement, et par la suite nous passerons à la présentation de la table à secousses notre principal outil utilisé lors de cette étude.

2.1 Les méthodes gravimétriques

Les méthodes de concentration gravimétriques sont parmi les plus anciennes et les plus utilisées encore de nos jours. Ce fait résulte d'un ensemble de raisons parmi lesquelles on trouve la simplicité de fonctionnement, la capacité élevée pour les particules assez grosses et les coûts de fonctionnement moindres.

2.2 Principe

Le principe des méthodes gravimétriques est assez simple.

Lorsque deux particules de masses volumiques différentes mais d'un même volume, tombent en même temps dans un fluide, celle ayant une masse volumique supérieure chute plus rapidement, ces méthodes donc permettent une discrimination des particules selon leurs masses volumiques.

En pratique, il faut des dispositifs complémentaires pour l'alimentation et le soutirage des produits fonctionnant en continu, les conditions pour avoir une classification optimisée sont :[5]

- a. Le rapport entre la masse volumique la plus élevée doit être le plus grand possible.
- b. Le pourcentage de solides doit être le plus élevé possible.
- c. Le régime d'écoulement doit s'éloigner des conditions laminaires, les particules classifiées étant les plus grosses possibles et la viscosité du fluide étant minimale.

Trois méthodes sont utilisées à l'échelle industrielle :

2.2.1 LA NAPPE PELLICULAIRE FLUENTE[6]

La concentration par nappe pelliculaire fluente est basée sur la longueur de parcours effectué par une particule sur un plan incliné, à la surface par laquelle s'écoule le liquide.

D'une manière générale, la séparation est provoquée par deux facteurs :[5]

-Le premier est le temps que met la particule pour rejoindre la surface du plan incliné. Ce temps est fonction de la densité, de la taille et de la forme des particules.

-Le second est la résistance qu'offrent les particules, une fois qu'elles ont atteint le plan incliné, au déplacement imposé par le mouvement de la nappe pelliculaire fluente.

2.2.2 METHODE DEL'ACCELERATION DIFFERENTIELLE

Les particules sont soumises à des oscillations imposées à un liquide. Le mouvement périodique provoque une sédimentation différentielle entre les particules lourdes et légères.

2.2.3 METHODE DES MILIEUX DENSES

Les blocs ou les particules du minerai sont plongés dans un mélange d'eau et de fines particules denses se comportant comme une pseudo-solution appelée milieu dense. Les éléments légers surnagent à la surface, alors que les éléments lourds plongent. Le milieu dense peut être statique ou dynamique.

2.3 LA TABLE A SECOUSSES

La table à secousses est un appareil de concentration gravimétrique, elle se situe parmi les équipements de nettoyage des concentrés déjà dégrossis les plus performants.

2.3.1 Principe de fonctionnement

C'est une table inclinable autour de l'axe longitudinal, à laquelle on communique un mouvement de secousses périodique selon le même axe. La table à secousses est garnie de riffles parallèles à sa longueur ; l'alimentation en pulpe se fait à partir de l'un de ses coins et le concentré est ramassé à l'extrémité opposant à celle de l'alimentation, en général l'eau de lavage est alimentée perpendiculairement aux riffles, et donc la notion de concentré s'applique aux particules ayant la masse la plus élevée, et celle de rejet correspond aux particules ayant une masse inférieure.

2.3.2 Caractéristiques de fonctionnement

Le choix des caractéristiques physiques et géométriques des tables se fait par rapport au minerai et sa granulométrie. Les principales caractéristiques géométriques sont la direction des riffles, leur hauteur, l'espacement entre chacune et l'inclinaison longitudinale de la table, parmi les caractéristiques physiques, il y a la composition de la surface de la table et la nature des secousses (rythme, amplitude et fréquence)

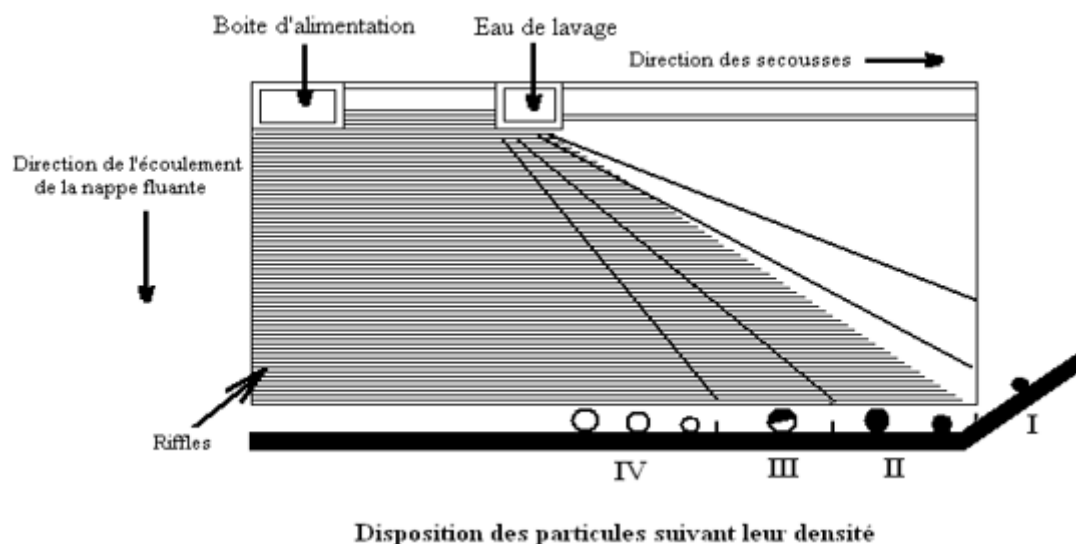


FIGURE 2.1: CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Le rythme

C'est la forme de la courbe reliant l'amplitude du mouvement au temps. C'est à dire que la table à sa position la plus rapprochée du système d'entraînement, s'arrête un instant, ce qui permet au lit de se compacter et aux particules de contacter la surface. La table est ensuite déplacée suivant un rapide aller-retour, de sorte que les particules, en raison de leur inertie, se déplacent par rapport à elle, la direction de leur mouvement étant vers la zone du concentré[5, 7].

La granulométrie

Non seulement la masse volumique intervient dans la concentration, mais aussi le poids volumique et la forme des particules, de ce fait, il est hautement recommandé de séparer l'alimentation en plusieurs fractions granulométriques traitées séparément. Notons aussi que l'on doit utiliser une épaisseur réduite de riffles avec les particules plus petites, car pour un même débit de pulpe et un même pourcentage de solides, beaucoup plus de particules seront contenues dans un épaisseur, par ailleurs les particules sont plus faciles à prendre au piège lorsqu'elles sont plus petites.

Amplitude et fréquence

Notons d'abord que ces deux paramètres varient mécaniquement de façon inverse, ainsi, une grande amplitude et une fréquence peu élevée sont utilisées avec les particules les plus grosses, alors que les particules les plus petites sont plus facilement concentrées avec des amplitudes faibles et des fréquences élevées.

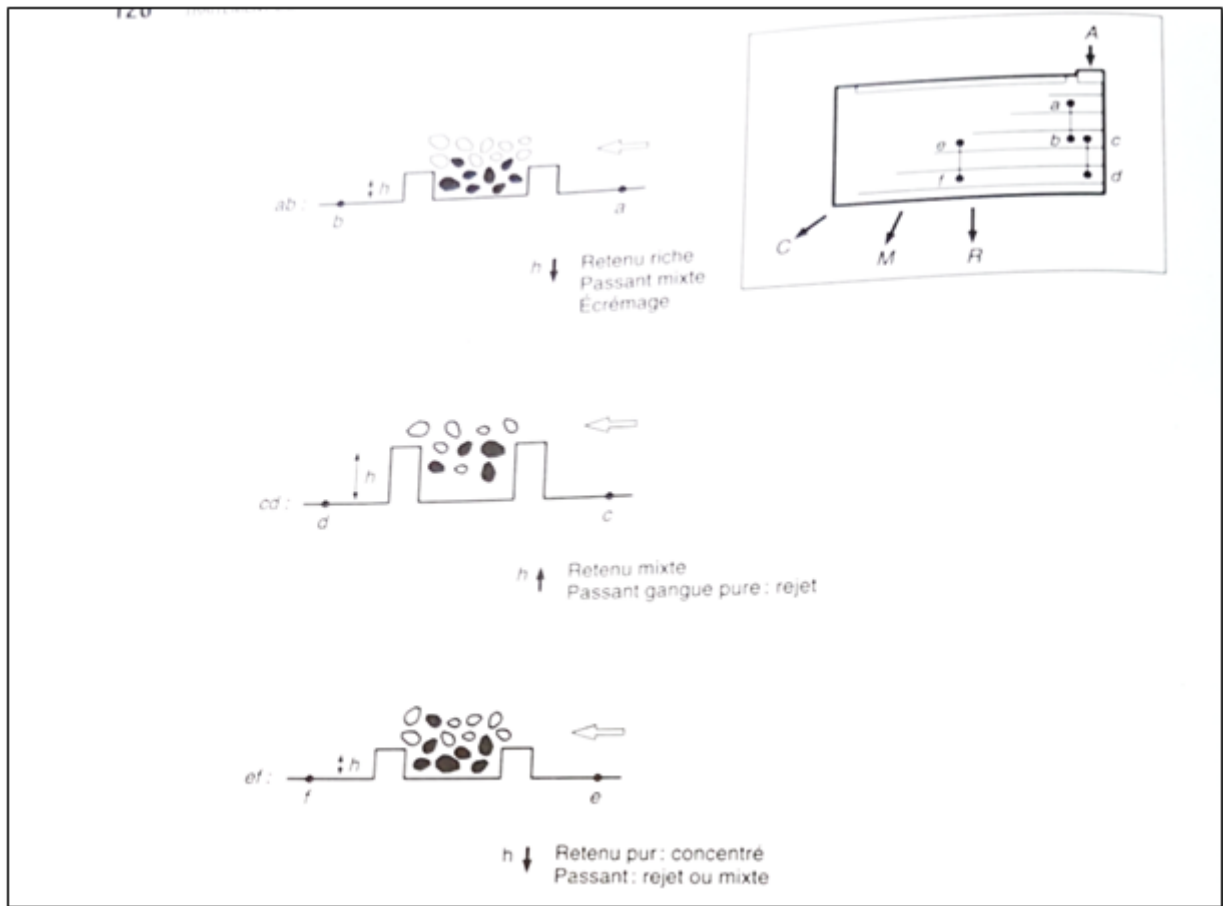


FIGURE 2.2: COMPORTEMENT DES PARTICULES SUR LA TABLE A SECousse[6]

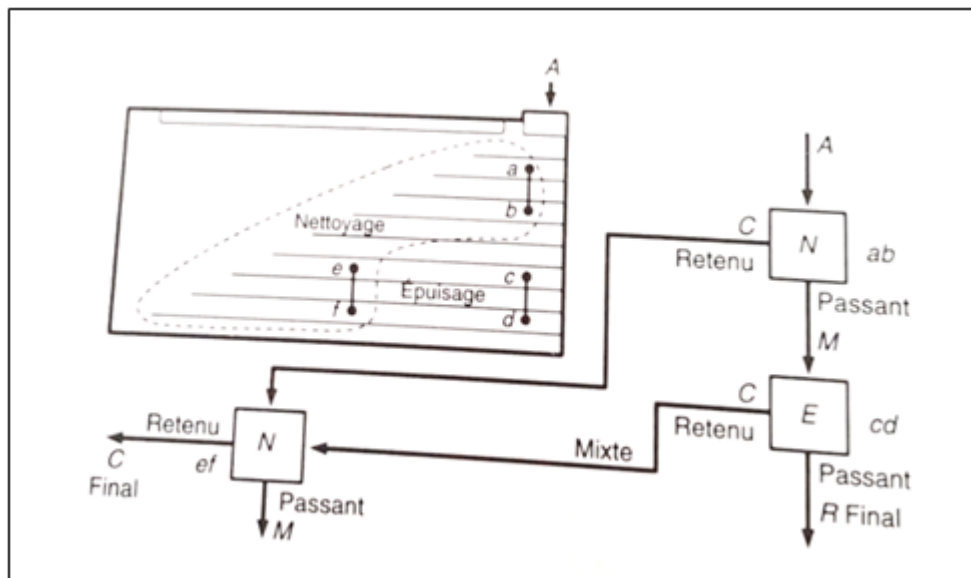


FIGURE 2.3: COMPORTEMENT DES PARTICULES SUR LA TABLE A SECousse

2.3.3 Les avantages et les inconvénients d'utiliser la table à secousses

Les avantages

- : - Hautement sélective.
- La possibilité d'observer la séparation et faire les changements nécessaires.

Les inconvénients

- : - Une faible capacité.
- Une large surface d'installation est nécessaire.
- L'obligation de suivre de près le processus fréquemment pour faire des vérifications et des ajustements.
- L'utilisation de grandes quantités d'eau pour le lavage.
- L'alimentation doit être contrôlée. - C'est pour ces raisons que la table à secousses n'est pas largement utilisée à l'échelle industrielle et elle est plus utilisée dans les laboratoires de recherche.

Chapitre 3

Partie expérimentale

Le but d'utiliser la table à secousses est de procéder à une séparation gravimétrique avant de passer à la flottation.

3.1 Réglage de la table

Nous avons commencé par le réglage des paramètres de la table :
Angle d'inclinaison.
Débit d'eau permettant une séparation efficace.

3.2 Préparation de la pulpe

Nous avons utilisé un échantillon avoisinant les 5Kg de résidus pour obtenir les 750g nécessaire à la flottation.

Pour la préparation de la pulpe de chaque essai on utilisait un bécher de 1litre, on mettait 200g de résidu et on remplissait jusqu'à 800ml, ensuite on procédait à une agitation manuelle avant d'alimenter la table.

Nous avons refait cet essai jusqu'à l'obtention de la quantité nécessaire.

3.3 Récupération du concentré

La récupération se faisait à l'aide de bacs en plastic de telle sorte d'obtenir les rejets et le concentré chacun séparément.



FIGURE 3.1: Récupération du concentré

3.4 Tests de flottation

3.4.1 Préparation de la pulpe

La cellule de flottation que nous avons utilisée est une cellule ayant capacité de 2,5 litres.



FIGURE 3.2: Cellule de flottation

Pour la totalité de nos essais nous avons pris 750g de résidus en respectant un rapport

liquide/solide à 30%.

Cette étape de préparation commence par l'introduction des 750g de solide dans le réservoir de conditionnement ensuite de l'eau est rajoutée jusqu'au volume de 2,5 litres.

3.4.2 Stabilisation de la pulpe

il faut toujours s'assurer que le matériau ne présente aucune agglomération et cela en appliquant une agitation continue pendant une période de 20 minutes. Il est à noter que durant cette étape on prenait la mesure du pH deux fois (à 10min et à 20 min).



FIGURE 3.3: Agitation de la pulpe au sein de la cellule de flottation

3.4.3 Conditionnement du pH

En effet la valeur du PH est l'un des paramètres que nous avons étudiés, donc nous avons dû à plusieurs reprises conditionner sa valeur, pour ce faire nous avons utilisé deux régulateurs de pH :

- 1- La chaux (CaO).
- 2- L'acide sulfurique (H_2SO_4).

Cette étape dure approximativement 10 minutes



FIGURE 3.4: Valeur du PH est enregistrée durant tout le processus à l'aide du PH mètre

3.4.4 Ajout des réactifs

L'ajout et le conditionnement des réactifs est une étape qui nous prend entre 10 et 15 minutes tout dépend des paramètres étudiés.

Généralement on commence par l'ajout de l'activant sulfates de cuivre et une agitation de 5min ensuite l'ajout du Xanthates (collecteur) et une agitation pendant 10 minutes, et en dernier on ajoute le moussant huile de pin avec une agitation d'une minute. On précise que la quantité de xanthate et de $CuSo_4$ diffèrent d'un essai à un autre car le dosage du collecteur et de l'activant sont des paramètres à étudier.

Les différents réactifs ainsi que leurs dosages sont représentés dans le tableau suivant :

réactif	type	Concentrations
Ethyl-xanthate	collecteur	100g/t
Sulfates de cuivre($CuSo_4$)	activant	300g/t
Chaux(CaO)	Régulateur de Ph	
Acide sulfurique	Régulateur de Ph/Activant	
L'huile de pin	moussant	Une goutte

TABLE 3.1: Titre manquant

3.4.5 La flottation

La flottation commence par une injection d'air dans la pulpe ensuite recueillir les bulles qui en résultent dans des bacs en plastique. Le temps de flottation étant de 12 minutes

réparti en quatre (2' 4' 8' 12') le concentré correspondant à chaque période est recueilli séparément dans un bac.

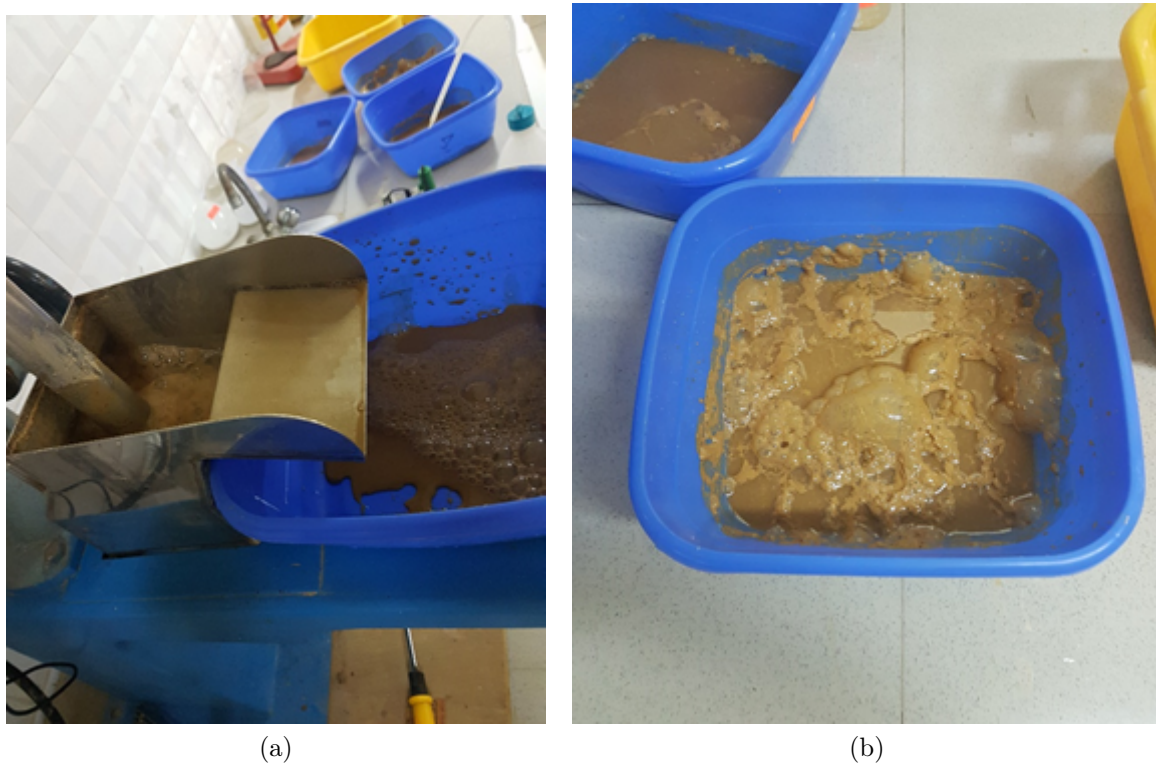


FIGURE 3.5: Recueil du concentré après l'injection d'air

3.4.6 Filtration et séchage

C'est la dernière étape du processus, son objectif est de séparer l'eau du concentré solide, cette étape est composée de deux parties principales, la première consiste à filtrer une quantité maximale d'eau à l'aide d'une pompe et du papier filtre, ensuite nous séchons le concentré à l'étuve réglée à 105° pendant une durée de 24 heures.

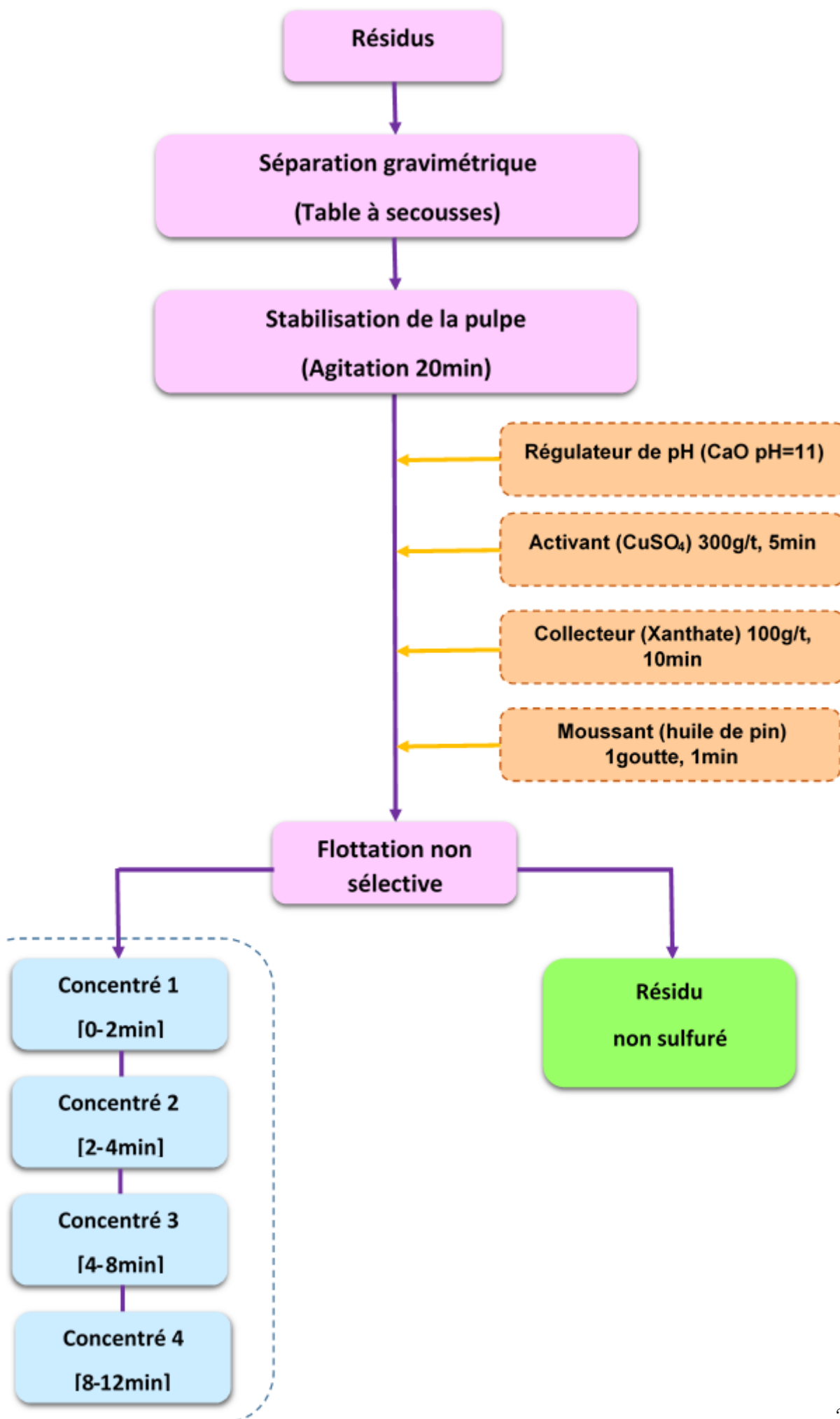
3.5 Résultats et interprétations

3.5.1 Traitement gravimétrique

La cellule de flottation utilisée lors de notre essai ayant un volume de 2,5l, une quantité de 750g de résidu prétraité était nécessaire, de ce fait nous avons effectué une trentaine d'essais, une manipulation de la table à secousses donnait en moyenne 30g.

3.5.2 Flottation

Dans le cadre de cette étude, nous avons effectué deux essais de flottation, le schéma suivant explique les différentes étapes de ces essais ainsi que, les réactifs ajoutés et leurs dosages.



Les résultats de la flottation sans prétraitement :

Concentré	Poids
Concentré 1	27
Concentré 2	8,7
Concentré 3	7
Concentré 4	6

TABLE 3.2: poids des concentrés

Concentré	Rendement pondéral
Concentré 1	3,6%
Concentré 2	1,1%
Concentré 3	0,9%
Concentré 4	0,8%

TABLE 3.3: rendements pondéraux

b) Les résultats de la flottation avec prétraitement :

Concentré	Poids
Concentré 1	14
Concentré 2	4.3
Concentré 3	5
Concentré 4	3

TABLE 3.4: poids des concentrés

Concentré	Rendement pondéral
Concentré 1	1.9%
Concentré 2	0.6%
Concentré 3	0,7%
Concentré 4	0,4%

TABLE 3.5: rendements pondéraux

L'histogramme suivant représente une comparaison entre les résultats des deux essais :

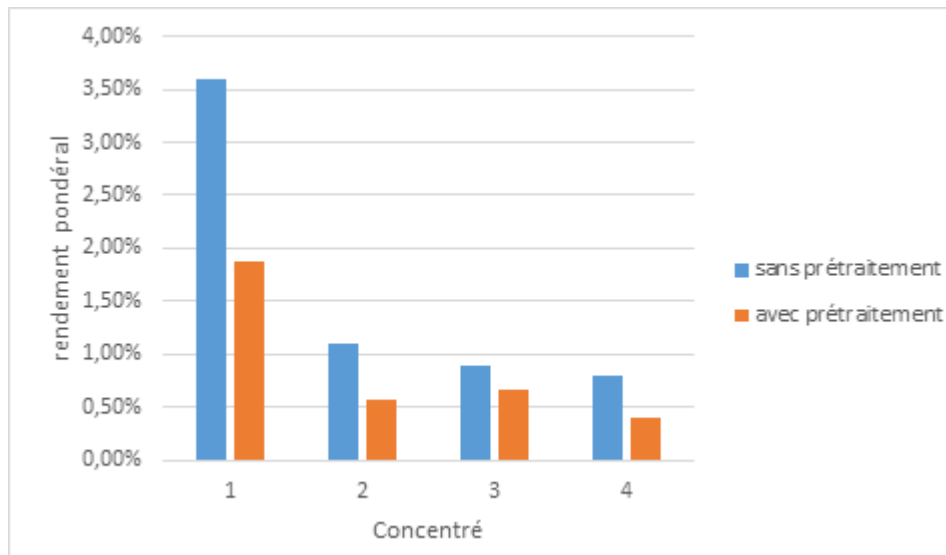


FIGURE 3.6: Les rendements pondéraux avec et sans prétraitement

En effet, nous remarquons que les rendements pondéraux de la flottation sans un traitement gravimétrique préalable sont nettement supérieurs à ceux de la flottation des résidus prétraités avec la table à secousses, cela s'explique par l'élimination d'un bon nombre de particules indésirables lors du prétraitement est donc nous avons obtenu un concentré plus pure avec une masse plus faible

3.5.3 Les variations de pH et de Eh

Lorsque nous avons effectué les essais de flottation nous avons enregistré les valeurs de pH et de Eh les résultats sont représentés dans les tableaux et graphes suivants :

Les résidus sans prétraitement gravimétrique

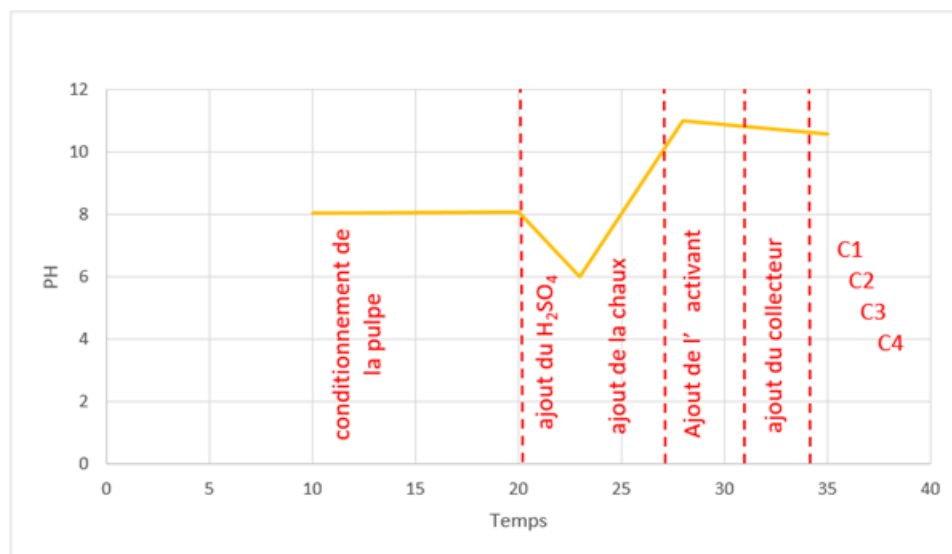


FIGURE 3.7: Variation du pH

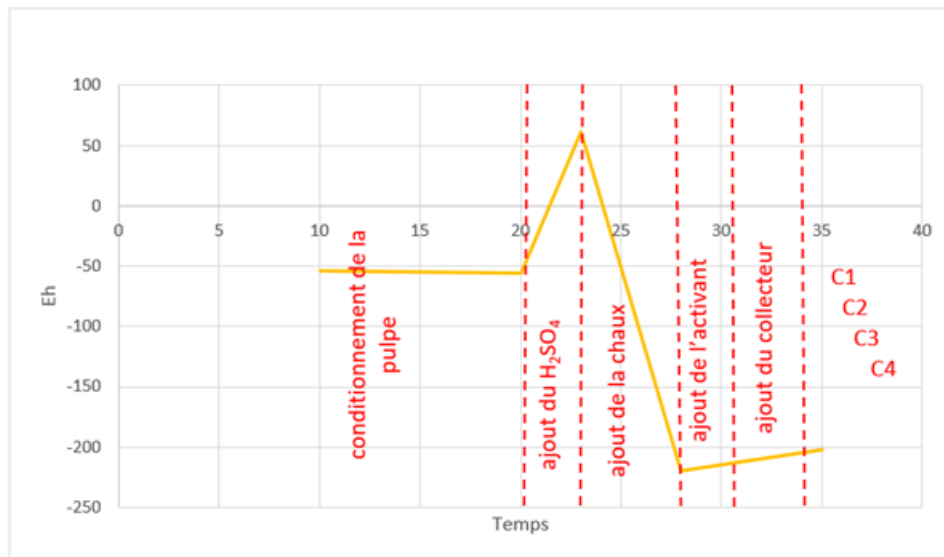


FIGURE 3.8: Variation du Eh

Les résidus sans prétraitement gravimétrique

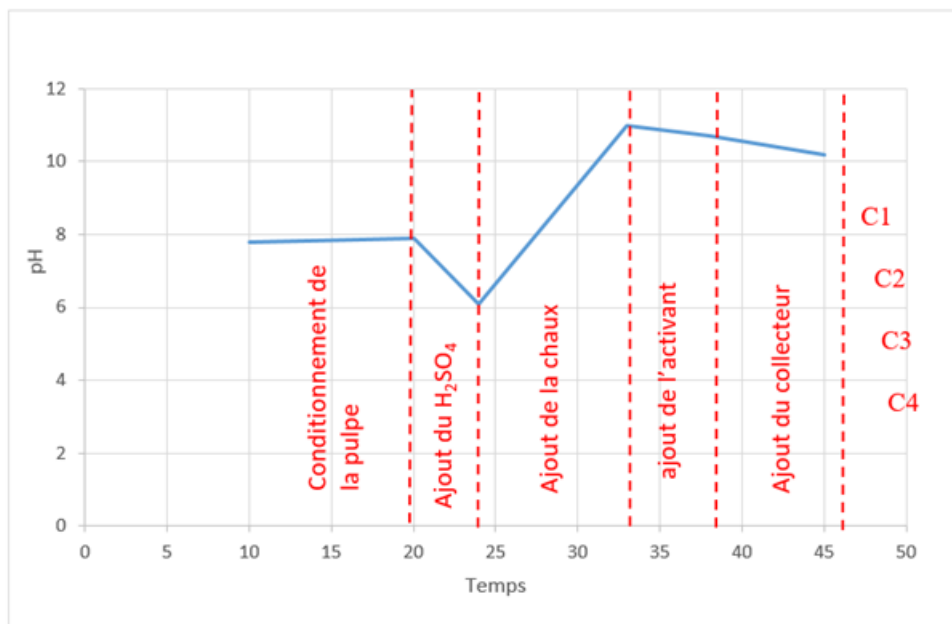


FIGURE 3.9: Variation du pH

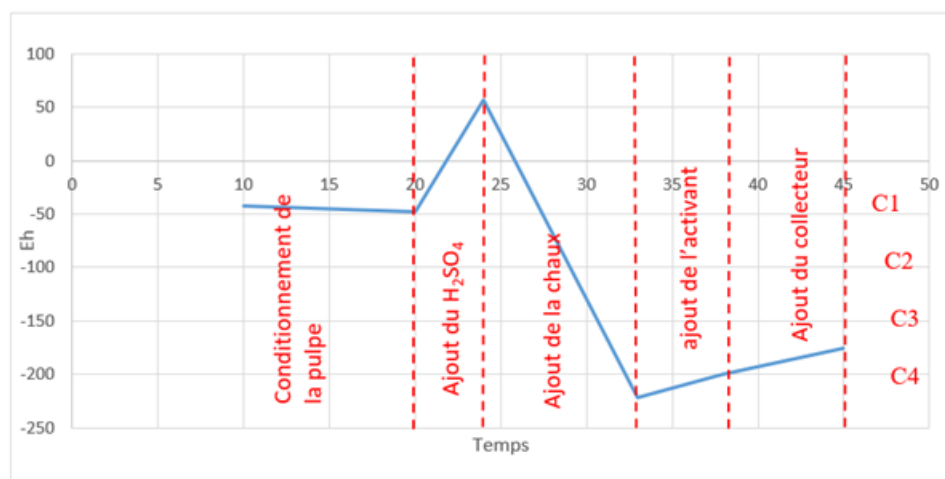


FIGURE 3.10: Variation du Eh

Les graphes ci-dessus montrent que les pH et Eh initiaux ne sont pas affectés par le traitement gravimétrique car les valeurs de ces derniers sont presque les mêmes, et cela durant les différentes étapes de conditionnement.

Après le conditionnement du pH, en utilisant le H_2SO_4 et la chaux, on remarque que la valeur du pH est légèrement affectée par la présence de l'activant et du collecteur.

On remarque aussi que le potentiel d'oxydoréduction de la pulpe augmente brusquement, d'une valeur de -50 mV jusqu'à une valeur de $+50$ mV, après l'ajout du H_2SO_4 puis il diminue après l'ajout de la chaux pour atteindre une valeur de -220 mV.

De même que pour le pH, le potentiel d'oxydoréduction (Eh) est influencé par la présence de l'activant et du collecteur, sa valeur augmente après l'ajout du $CuSO_4$ et du xanthate.

Conclusion Générale et Perspectives

L'objectif principal de cette étude ayant pour thématique la désulfuration environnementale des rejets de la mine de Kharzet Youcef était d'établir un point de comparaison entre la flottation des résidus avec et sans prétraitement gravimétrique.

Nous avons trouvé indispensable de commencer notre travail par une présentation de la zone d'étude afin d'identifier les différentes structures et installations ainsi que Les caractéristiques physiques de la zone et leurs impacts sur le milieu, en définitive on peut rappeler que l'usine de traitement abrite d'une laverie et une digue contenant les rejets de deux mines KHARZET YUCEF et CHAABET ELHAMRA, se situant dans la zone de AIN AZEL au sud-est de SETIF, c'est une zone représentée par un ensemble de chainons ayant un climat semi-aride.

L'étape qui a suivie était de mettre en place la méthodologie à suivre durant notre étude ainsi que, les méthodes analytiques utilisées pour l'interprétation des résultats.

La partie expérimentale de notre travail portant essentiellement sur l'impact d'un traitement gravimétrique préalable des rejets de la mine de Kharzet Youcef sur l'efficacité de la désulfuration, en effet le rendement de la flottation des rejets après traitement a donné un rendement moins important, cela pourrait être expliqué par l'élimination des particules indésirables.

Bibliographie

- [1] Dina BOUSDIRA. « Etude des impacts des activités d'exploitation des mines polymétalliques (Pb-Zn) sur l'environnement de la région de Kherzet Youssef (Wilaya de Sétif) ». Thèse de doct. Ecole nationale supérieure polytechnique, 2009.
- [2] ATHAMENA MALIKA. « Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone Sud Sétifien ». Thèse de doct. université de Batna, 2006.
- [3] L ATTOUCHEIK. « Etude géochimique des rejets du complexe minier de Kherzet Youssef (SETIF) et son impact sur l'environnement ». In : *Mmoire de magistre, IST. USTHB, Algrie* (2006).
- [4] Géraldine COSSET. « Comportement hydrogéologique d'une couverture monocouche sur des résidus miniers sulfureux: Essais en colonne et simulations numériques ». Thèse de doct. École Polytechnique de Montréal, 2009.
- [5] Serge BOUCHARD. *Traitement du minerai: flottation, méthodes physiques*. Sainte-Foy, Québec: Éditions Le Griffon d'argile, 2001.
- [6] Pierre BLAZY. *La valorisation des minerais: manuel de minéralurgie*. Presses universitaires de France, 1970.
- [7] Tim NAPIER-MUNN et Barry A WILLS. *Wills' mineral processing technology: An introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery*. Elsevier, 2006.