



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en  
Hydraulique*

**Option: Réutilisation des eaux non conventionnelles**

### **THEME :**

**Dimensionnement de Station d'épuration de l'usine  
de traitement de barytine d'Ain Mimoun wilaya de  
khenchela**

**Présenté par :**

Melle Mansouri Amira

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mme AMMOUR Fadila	M.A.A	Président
Mme SADOUN Samra	M.C.B	Examineur
Mme TAFAT Liela	M.A.A	Examineur
M KOULAI Djafar	Associé	Examineur
Mr.TOUIL Youcef	M.C.B	Promoteur

## المخلص

تعد المعادن من الثروات الطبيعية المهمة في حياة الإنسان، إذ لا يخلو أي شئ نستعمله في حياتنا اليومية من مختلف المعادن، لكن من أجل الوصول إلى إستعمالها كنا بحاجة للماء .

من خلال دراستنا هذه كنا قد أخذنا مثالا عن إحدى أهم مصانع الباريط في الجزائر، مصنع عين ميمون بولاية خنشلة، قمنا بدراسة المنطقة ثم كيفية معالجة معدن الباريط ، كما تطرقنا إلى إستعمال المياه خلال عملية معالجته، ولاحظنا ان المياه المستخدمة في معالجته مليئة بالمواد الصلبة التي تحتاج إلى تصفية فقمنا بتصميم شبكة لعلاج المياه بعد إستعمالها في معالجة الباريط من أجل إستخدامها مرة أخرى خلال هذه العملية.

## Résumé

Les minéraux font partie des ressources naturelles importantes dans la vie humaine, car rien de ce que nous utilisons dans notre vie quotidienne n'est dépourvu de divers minéraux, mais pour atteindre leur utilisation, nous avons besoin d'eau.

A travers notre étude, nous avons pris l'exemple d'une des plus importantes usines de barytine en Algérie, l'usine d'Ain Maimon dans l'état de Khenchela, où nous avons étudié la zone et ensuite comment traiter le minerai de barytine qu'il faut filtrer, nous avons donc conçu un réseau pour traiter l'eau après l'avoir utilisée dans le traitement de la barytine afin de la réutiliser au cours de ce processus.

## Abstract

Minerals are among the most important natural resources for humans life , included in everything we use in our daily lives, In order to use these minerals we need water.

Through our study, we took an example of one of the most important barite mineral factories in Algeria, Ain Mimoun factory ,

We studied the area and then how to treat barite metal, and we also mentioned the use of water during the process of treating it, we noticed that the water used in its treatment is full of solid materials that need to be filtered, so we designed a network to treat water after using it in the treatment of barite in order to use it again during this process.

## *Remerciements :*

*Tout d'abord je veux bien remercier le bon Dieu pour le don de la santé et de capacité pour finaliser et mener ce travail.*

*Chaque individu dans son cursus rencontre des personnes qui méritent de les remercier, mes premiers mots à **Madame Gati** le prof de Génie de procédés son aide me permet d'être une étudiante dans l'école supérieure des ingénieurs.*

*Mr **Minasri Abd- Allah et Aziz Othman** qui m'ont tout donné quand j'étais étudiante à l'université Constantine 3.*

*A mon modèle et ma fierté d'avoir été son étudiante, au docteur qui m'a donné la force et l'espoir de continuer le chemin **Abd al-Hadi Ammari**.*

*Mes sincères remerciements vont à mon encadreur dans ce mémoire, qui n'était pas seulement un enseignant pour moi, mais un père un frère et un ami, avec ses conseils et l'aide à surmonter toutes les difficultés **Youcef Touil**.*

*A l'ingénieur en informatique **Dhiaa Edinne Mansouri**, qui m'a soutenu dans ce mémoire*

*A **Samir Titaoui**, ingénieur d'Etat en Hydraulique, pour tous ses conseils et orientations*

*A mon professeur respecté : **Issam Zaibek et Samir Yahaoui**.*

*Pour tous ce qu'ils m'ont donné un coup de main jusqu'à présent.*

*A tous mes enseignants de l'ENSH ainsi que tous les administrateurs de tous les établissements qui nous ont accompagnés durant notre voyage d'études.*

*Et bien sûr au membre de jury qui va évaluer notre travail merci beaucoup.*

## *Dédicace*

*Je veux dédier ce travail à mes absents d'aujourd'hui, qui sont toujours présents dans mon cœur, j'ai l'envie de vous dire en fin je l'ai fait, en fin je suis un ingénieur (mon soutien, mon oncle **Rafik Mansouri**, mon amie **Sabrina**)*

*à la femme qui a semé l'amour et la nostalgie en moi, à la femme qui a peint ses rêves en moi, qui a combattu, pleuré, rit, tombé et levé pour être aujourd'hui ici à la femme qui a non seulement soutenu ses enfants dans leurs études, mais s'est également battue pour les rêves de son mari. À ma mère, Mme **Fouzia Salhi***

*À l'homme qui m'a donné le début de mon nom et la fin de son nom, mes initiales lettres et mots, l'homme qui m'a donné la confiance et la force d'arriver ici aujourd'hui, qui m'a appris que servir la patrie est la première chose que vous devrait rendre compte À mon père, Monsieur **Ahmed Mansouri***

*À la fille de mon cœur, la petite fille qui m'a donné l'amour et la sécurité, à la petite en âge et la grande de son cœur, et le docteur de mon cœur, que je vis pour son sourire **Baraa Mansouri***

*À mon premier enfant, mon merveilleux frère, mon médecin et mon chef, **Luqman Mansouri**.*

*À ma main gauche, mon compagnon dans mon chemin, mon ami dans ma solitude, et l'échelle que je gravis pour atteindre le succès, à l'aimé de mon cœur, mon frère **Nidal Mansouri**.*

*À l'architecte de mon esprit et le prince de mon cœur, mon professeur, et mon consultant : mon frère **Diaa El-Din Mansouri**.*

*A ma deuxième mère **Wahiba Salhi** et **Akila Salhi** à mon amie chemin (**Tante Samia Salhi**).*

*A mes oncles qui m'ont donné la confiance d'être ici (**Rabiei, Nasser, Ashour, Fateh et Jamal Mansouri**).*

*A l'homme dont je n'oublierai jamais sa grâce, son l'amour et sa présence, mon Oncle **Nour Elyamine Salhi**, A mes oncles aussi **Abdul Rahman et Walid Salhi**.*

*A ma grand-mère affectueuse **salhi Al Yamana et Barizah Gwaizi**.*

*Au Mujahid qui m'a appris à aimer la terre Mon grand-père **Mansouri Masoud**.*

*Au grand-père le plus gentil du monde **Muhammad Al-Saleh Salhi**.*

*A **soulef oudah**, mon intime et amie fidèle, qui m'assiste dans les moments difficiles et m'a pris doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles.*

***Rania Kadour** Je ne laisserai pas passer l'occasion de t'exprimer toute mon affection. Je pense que tu es quelqu'un de formidable, nature et surtout sincère. **Kawther Nadjah** Cette dédicace symbolise, ta fidélité, ta gentillesse, ton amitié et ton respect. Ta fidélité de chaque jour est très touchante. Je te remercie pour ton assiduité et je suis heureuse de te mentionner sur ce travail, ma grand sœur, mon bras droite, mon intime **Meriem Bousselem***

*Quel plaisir pour moi de retranscrire sur ce mémoire toute mon amitié enveloppée d'affection pour vous, (**Hadjer, Douaa, Salema, Malak**), pour mes amies à la city 7 ma belle **Karima** et la fleur **sarra**.*

*À toute mes amies de club **Al-awda (Amira, Rihab, Radya, nerdjess, Badra, Anayis)***

*À toute mes amies de club **HEC***

*À toute mes amies de **l'UGEL de Blida et Constantine***

## Table de matière

### Chapitre 1: L'utilisation de l'eau dans l'industrie minière

I.	INTRODUCTION :	5
I.1	Minéraux industriels :	4
I.1.1	Définition :	54
I.1.2	Propriétés physiques et chimiques des mines :	4
I.1.3	Propriétés physiques :	5
I.1.4	Propriétés chimiques :	4
I.1.5	L'industrie minière	5
I.2	Minerais industriels	6
I.3	Les étapes de production de minerai :	6
I.3.1	La phase d'exploration :	7
I.3.2	La phase d'exploitation :	7
I.3.3	L'extraction du minerai :	7
I.3.4	Traitement du minerai	7
I.3.5	L'égouttage du concentré	9
I.4	L'utilisation de l'eau dans le traitement des minerais industrielle	10
I.4.1	Concentration gravimétrique :	10
I.4.2	Définition :	10
I.4.3	Les différents types :	11
I.4.4	Pistonnage	12
I.4.5	Tables à secousses	12
I.4.6	Flottation	14
I.5	CONCLUSION	18
Chapitre 2:La barytine		
II.	Introduction	20
II.1	Définition	20
II.1.1	Caractéristiques physico-chimiques de la barytine :	22
II.1.2	Propriétés et applications industrielles de la barytine	23
II.1.3	La barytine dans l'industrielle pétrolière	23
II.1.4	La barytine dans l'industrie chimique :	24
II.1.5	Le carbonate de baryum :	24
II.1.6	Le sulfate de baryum précipité :	24

II.1.7	Le lithopone :.....	24
II.1.8	Le chlorure de baryum : .....	24
II.1.9	Le nitrate de baryum : .....	25
II.1.10	L'oxyde de baryum : .....	25
II.2	Applications et commentaires .....	26
II.2.1	Capteur de gaz pour tubes à vide .....	26
II.2.2	Lubrifiant (additif) .....	26
II.2.3	Matière de charge et colorant pour papier.....	26
II.2.4	Feu d'artifice .....	26
II.2.5	Ratio de l'estomac .....	27
II.2.6	Traitement de la barytine .....	27
II.2.7	Gestion des résidus : .....	29
II.2.8	Bacs à piston et la flottation : .....	31
II.3	Conclusion .....	31
Chapitre 3: Description de zone d'étude		
III.	Description de la station :.....	33
III.1	Introduction .....	33
III.1.1	Localisation de gisement d'Ain Mimoun :.....	33
III.1.2	L'usine de traitement : .....	33
III.2	GEOLOGIE.....	34
III.2.1	GEOLOGIE REGIONALE.....	34
III.2.2	a-Hydrographie :.....	36
III.2.3	b-Hydrogéologie :.....	37
III.2.4	c- Le climat :.....	37
III.2.5	d- La couverture végétale :.....	37
III.2.6	e- L'habitat : .....	37
III.3	Méthode de traitement de barytine d'Ain Mimoun : .....	37
III.4	DESCRIPTION DU PROCESSUS DE TRAITEMENT.....	38
III.4.1	Station de concassage, criblage et jiguage .....	38
III.5	Station de séchage, broyage et conditionnement.....	42
III.5.1	Séchage : .....	42
III.5.2	Broyage .....	42
III.5.3	Conditionnement : .....	42
III.5.4	L'utilisation de l'eau dans l'usine .....	44
III.6	L'eau dans l'activité de séparation de minerai dans l'usine d'Ain Mimoun .....	44

III.6.1	Les eaux dans l'entrée de jig :	44
III.6.2	Les eaux de la sortie de jig :	44
III.6.3	Les eaux de sortie de la digue :	45
III.7	Conclusion.....	45
Chapitre 4 : Caractérisation des eaux industrielles rejetées par l'usine d'Ain Memoun		
IV.	Introduction :	47
IV.1	Prélèvement de l'eau et conservation :	47
IV.2	Échantillonnage :	49
IV.3	Matériel et méthode :	51
IV.3.1	Analyses physico-chimiques :	51
IV.3.2	Mesure du pH et température par électrométrie :	51
IV.3.3	Détermination de la conductivité :	52
IV.3.4	Détermination de la turbidité par absorption moléculaire .....	53
IV.3.5	Mesure de MES :	54
IV.3.6	Méthode d'analyse :	54
IV.4	Calcul de MES et interprétation de résultats :	55
IV.4.1	Résultats des analyses physico-chimiques :	55
IV.4.2	Calcul de MES :	56
IV.5	Qualité des eaux usées de l'usine de barytine :	57
IV.6	Conclusion :	56
Chapitre 5: Dimensionnement de la chaîne de traitement des eaux résiduaires rejetées par l'usine d'Ain Mimoun		
V.	Introduction .....	59
V.1	Calcul de débit à l'entrée de jig :	59
V.2	Application de la formule de Hazen William dans notre cas :	65
V.3	Dimensionnement de décanteur primaire et secondaire :	66
V.4	Définition de la décantation .....	65
V.5	Type de décantation :	65
V.5.1	La décantation de particules discrètes .....	65
V.5.2	La décantation de particules floculantes .....	65
V.5.3	La décantation freinée.....	65
V.5.4	La décantation en compression de boues.....	65
V.6	Principe de la décantation :	65
V.7	Géométrie du décanteur :	66
V.8	Dimensionnement de la chaîne du traitement :	67

V.8.1	Dimensionnement de décanteur primaire : .....	68
V.8.2	Dimensionnement de la conduite de bassin primaire jusqu'au bassin de décantation secondaire: .....	69
V.8.3	Dimensionnement de bassin de décantation secondaire : .....	70
V.9	Dimensionnement de conduite de roufelement : .....	71
V.9.1	ADDUCTION ET POMPAGE .....	71
V.9.2	Choix du tracé : .....	71
V.9.3	Choix des types de conduites : .....	75
V.9.4	Adduction à partir de bassin de décantation.....	72
V.9.5	Calcul du diamètre économique : .....	72
V.9.6	Démonstration de la formule : .....	73
V.9.7	Evaluation de Cconst : .....	77
V.9.8	Hauteur manométrique totale .....	77
V.9.9	Remarque : .....	78
V.9.10	Puissance de pompage .....	78
V.9.11	Energie consommée par le pompage .....	79
V.9.12	Dépense annuelle de l'énergie.....	82

## Chapitre 6:Organisation de chantier

VI.	Organisation de chantier : .....	83
VI.1	Introduction .....	83
VI.2	Devis quantitatif et estimatif du projet.....	83
VI.3	Installation du chantier : .....	84
VI.4	Installations destinées au personnel .....	84
VI.5	Installations destinées au stockage des matériaux .....	84
VI.6	Installation destinées à la réception des engins .....	84
VI.7	La préfabrication.....	84
VI.8	Succession des opérations du chantier .....	84
VI.9	Technologie des principaux travaux .....	85
VI.10	Planification : .....	87
VI.10.1	Définition : .....	87
VI.10.2	Techniques de la planification.....	90
VI.10.3	Les étapes de la planification .....	89
VI.10.4	Estimation des durées .....	89
VI.10.5	Choix de la méthode de calcul .....	90
VI.10.6	Les paramètres de la méthode C.P.M .....	90

VI.10.7	Chemin critique (C.C).....	91
VI.10.8	Elaboration du réseau selon la méthode CPM.....	91
VI.11	Conclusion.....	92

## Liste des figures

Figure 1	Étapes habituelles de la phase d'exploitation d'une mine (tiré de : Environnement Canada, 2009) .....	7
Figure 2:	Organigramme de l'usine de traitement de barytine utilisant des bacs à piston et la flottation.....	9
Figure 3	Schema d'une table à secousse. ....	13
Figure 4	table à secousse .....	14
Figure 5	Procédé de flottation.....	17
Figure 6	Photos des cristaux de barytine .....	21
Figure 7	Production minière de barytine en Europe en 2000 .....	21
Figure 8	Organigramme de l'usine de traitement de barytine la procédé de flottation .....	27
Figure 9	représente un schéma de traitement de barytine par la méthode de séparation gravimétrique .....	28
Figure 10	Assèchement des résidus de barytine dans la mine. ....	30
Figure 11	Assèchement des résidus dans bassins en béton .....	30
Figure 12	Localisation de gisement d'Ain Memoun .....	33
Figure 13	Carte Géologique du Champ minier du Mizab au 1/10000ème.....	35
Figure 14	SCHEMA TECHNOLOGIQUE (CONCASSAGE ET ENRICHISSEMENT) .....	39
Figure 15	SCHEMA TECHNOLOGIQUE (séchage et broyage).....	41
Figure 16	Représente les échantillons d'eau prélevée de l'usine de barytine .....	49
Figure 17	Le pH-mètre HACH .....	50
Figure 18	Représente le conductimètre de type JENWAY .....	51
Figure 19	Turbidimètre de type lovibond .....	52
Figure 20	Schéma de jigue.....	59
Figure 21	schéma explicatif de l'équation de Bernoulli.....	60
Figure 22	présente le choix d'implantation des bassins .....	64
Figure 23	Bulldozers .....	85
Figure 24	Pelle rétro .....	85
Figure 25	Camion.....	86
Figure 26	Niveleuse.....	86
Figure 27	Compacteur .....	87

## Liste des tableaux

Tableau 1 Caractéristique physique et chimique de barytine .....	22
Tableau 2 Méthodes de gestion des résidus appliquées aux mines de barytine en Europe .....	28
Tableau 3 Options de gestion des résidus sur les exploitations de barytines en Europe .....	29
Tableau 4 Représente les résultats de mesure de pH turbidité et conductivité .....	54
Tableau 5 résultats des analyses pour l'échantillon 5 .....	56
Tableau 6 : Augmentation de la rugosité par rapport à l'âge des conduites .....	62
Tableau 7: Coefficient de rugosité pour hazen williams .....	63
Tableau 8 la décomposition chimique de tout venant de gisement ain memoun .....	68
Tableau 9 La valeur de R en fonction du matériau .....	74
Tableau 10 La valeur de $\alpha, a, b$ en fonction du matériau .....	74
Tableau 11 Les valeurs de K, m et $\beta$ .....	76
Tableau 12 La valeur de M en fonction du matériau .....	76
Tableau 13 Calcul du diamètre économique dans la conduite de refoulement en PEHD .....	79
Tableau 14 Calcul du des pertes de charges dans la conduite de refoulement en PEHD .....	79
Tableau 15 Calcul des Frais d'exploitation pour la conduite en PEHD .....	80
Tableau 16 Calcul des Frais d'amortissement pour la conduite en PEHD .....	80
Tableau 17 Le devis quantitatif et estimatif du projet .....	83

# Introduction Générale

# Introduction Générale

L'homme a toujours eu recours dans ses différents besoins quotidiens depuis l'antiquité, à des substances minérales sous différentes formes. D'où l'industrie minérale extractive est devenue une activité incontournable au développement des techniques de recherche et d'extraction. A l'échelle mondiale, la baryte occupe une place primordiale parmi les minéraux industriels composant la croûte terrestre vu toute cette large utilisation présentant ce minéral, la demande en baryte augmente d'une façon exponentielle. A cet effet, l'industrie minière en Algérie s'occupe de l'exploitation de ce type de minerai. L'industrie pétrolière joue un rôle très important dans l'économie mondiale. L'exploitation des hydrocarbures exige l'utilisation des boues denses qui sont constituées d'environ 40% de la barytine lors des opérations de forage. Cette dernière sert aussi comme charge minérale dans la fabrication de plusieurs produits chimiques et pharmaceutiques. En Algérie l'industrie minière a connu un développement depuis les années 70 avec la découverte des anciennes mines abandonnées, parmi ces sociétés extractives la société ENOF (entreprise nationale des produits non ferreux et des substances utiles), qui a proposé l'exploitation du gisement de baryte de Ain Mimoun, pour l'importance de la substance et afin de répondre à l'accroissement de demande en matière de baryte surtout dans l'industrie pétrolière, ces besoins en production ont motivé cette unité d'exploiter la matière première de la mine de Ain Mimoun.

Dans leurs objectifs de développement durable et Avec une prévision inquiétante de rareté de l'eau à l'échelle mondiale et dans un avenir très proche, des organisations comme les Nations Unies, les gouvernements mondiaux et d'autres groupes exercent une pression accrue sur les industries qui utilisent abondamment l'eau, y compris l'industrie minière, pour qu'elles adoptent une gestion plus durable de la ressource. La solution proposée était la réutilisation de l'eau industrielle rejetée par ces mines.

La réutilisation des eaux usées est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative permettant de limiter les déficits en eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de palier aux pénuries d'eau engendrées par les changements climatiques. D'ores et déjà, certains pays, états et grandes métropoles (Australie, Californie, Chypre, Espagne, Floride, Palestine, Jordanie, Malte,

Singapour...) ont des objectifs ambitieux de satisfaire de 10 à 30%, voire jusqu'au 60% de leur demande en eau par la réutilisation des eaux usées traités.

En Algérie, la présente étude est une analyse des données statistiques et scientifiques sur les ressources hydriques en Algérie, notamment dans le domaine du traitement et de la réutilisation des eaux usées montre que Le volume annuel des eaux usées générée par la population algérienne est de 927 millions m<sup>3</sup>/an, dont, 700 millions m<sup>3</sup>/an sont traitées par l'ONA et réutilisées par les activités industrielles (3,1 millions m<sup>3</sup>/an), l'irrigation agricole (3,4 millions m<sup>3</sup>/an). Mais cela reste insuffisant pour répondre aux exigences de ces domaines.

L'eau est essentielle à l'industrie minière. Sans eau, les mines ne fonctionnent pas. L'impératif d'une gestion plus durable des eaux est donc crucial pour l'avenir de l'exploitation minière, en raison des besoins sociaux et économiques.

L'objectif de ce travail est d'étudier le traitement des eaux industrielles rejetés par l'usine de traitement de barytine d'Ain Mimoun et des voire les procédures actuelle au niveau de l'usine répond aux normes internationales ou bien que ce qu'il manque de ce traitement pour proposer des méthodes efficaces de traitement d'eau usée dans le but de la réutilisation et protéger l'environnement.

Dans ce travail :

- la 1<sup>ère</sup> partie : est une recherche bibliographique sur les industries minières et la barytine
- la 2<sup>ème</sup> partie : est une présentation de la zone d'étude, description de l'usine, et l'intervention de l'eau dans les procédures de traitement de barytine
- la 3<sup>ème</sup> partie : l'analyse de l'eau résiduaire rejetée par l'usine d'ENOF Ain Mimoun et le dimensionnement de la chaine de traitement
- 4<sup>ème</sup> partie : organisation de chantier et une conclusion avec des recommandations.



# Chapitre 1:

L'utilisation de l'eau dans l'industrie  
minière

## **I. INTRODUCTION :**

Il existe de nombreuses manières de récupérer les minéraux industriels. Certains sont vendus tels qu'extraits, c'est-à-dire sans traitement. Dans d'autres cas, il faut appliquer toutes sortes de méthodes de traitement pour obtenir un produit hautement concentré. La majorité des mines du secteur des "minéraux industriels" ont recours à des procédés exclusivement physiques (par exemple le concassage, le lavage, la séparation magnétique, le triage optique, le triage manuel, le classement, la flottation) et seul un petit nombre d'entre elles procèdent à un traitement chimique du minerai (par exemple la lixiviation). De ce fait, les quantités et les caractéristiques des résidus et des stériles sont extrêmement variables. En règle générale, ces exploitations sont plus petites que la majorité des mines de métal, et la teneur du minerai est généralement plus élevée. Par conséquent, dans la plupart des cas le volume des stériles et des résidus est également plus faible. En règle générale, dans le secteur des minéraux industriels, le problème du drainage acide ne se pose pas.

### **I.1 Minéraux industriels :**

#### **I.1.1 Définition :**

Le terme minéral industriel désigne généralement des minéraux, des roches ou des substances dont les propriétés physiques ou chimiques sont mises à contribution dans divers usages, produits ou procédés industriels.

#### **I.1.2 Propriétés physiques et chimiques des mines :**

Les minéraux industriels servent dans un grand nombre d'industries en raison de leurs propriétés physiques et chimiques particulières.

#### **I.1.3 Propriétés physiques :**

Dureté

Densité

Blancheur

Opacité

Conductivité électrique

Conductivité thermique

#### **I.1.4 Propriétés chimiques :**

Inertie

Stabilité chimique

Activité à l'acide.

### **I.1.5 L'industrie minière**

Le but de l'exploitation minière est de satisfaire la demande de ressources en métaux et en minéraux afin de développer, entre autres, les infrastructures et d'améliorer la qualité de vie de la population, étant donné que les substances extraites constituent bien souvent les matières premières destinées à la fabrication de nombreux biens et matériaux. Il s'agit, par exemple, de minéraux métallifères ou de métaux, de charbon, de minéraux industriels employés dans le secteur chimique ou dans la construction, etc.

Les produits de l'industrie minière sont parfois utilisés directement, mais ils sont souvent raffinés, par exemple dans des fonderies.

Dans toute activité minière, les étapes types du processus comprennent l'extraction, puis le traitement du minerai et enfin l'expédition des produits et la gestion des résidus.

Pour la plupart des minerais métallifères, la production européenne est faible par rapport à la production mondiale totale (par exemple 1% pour l'or et 7% pour le cuivre); il en va de même pour la houille (6%). Contrairement à la production généralement en déclin dans les secteurs des métaux et de l'exploitation houillère, la production de bon nombre de minéraux industriels n'a cessé de croître en Europe. Pour la plupart d'entre eux, elle représente une très large part de la production mondiale (par exemple 64% pour le feldspath et 20% pour la potasse).

Certains secteurs de l'industrie minière, comme l'exploitation des métaux et de la houille en

En Europe, ils opèrent dans des conditions économiques difficiles, principalement parce que les gisements ne peuvent plus soutenir la concurrence internationale. L'industrie communautaire des métaux éprouve également des difficultés dans la recherche de nouveaux minerais rentables dans des régions géologiques connues. Toutefois, malgré la baisse de la production minière dans ces régions, la consommation augmente constamment. Par conséquent, la satisfaction de cette demande implique la hausse des importations vers l'Europe.

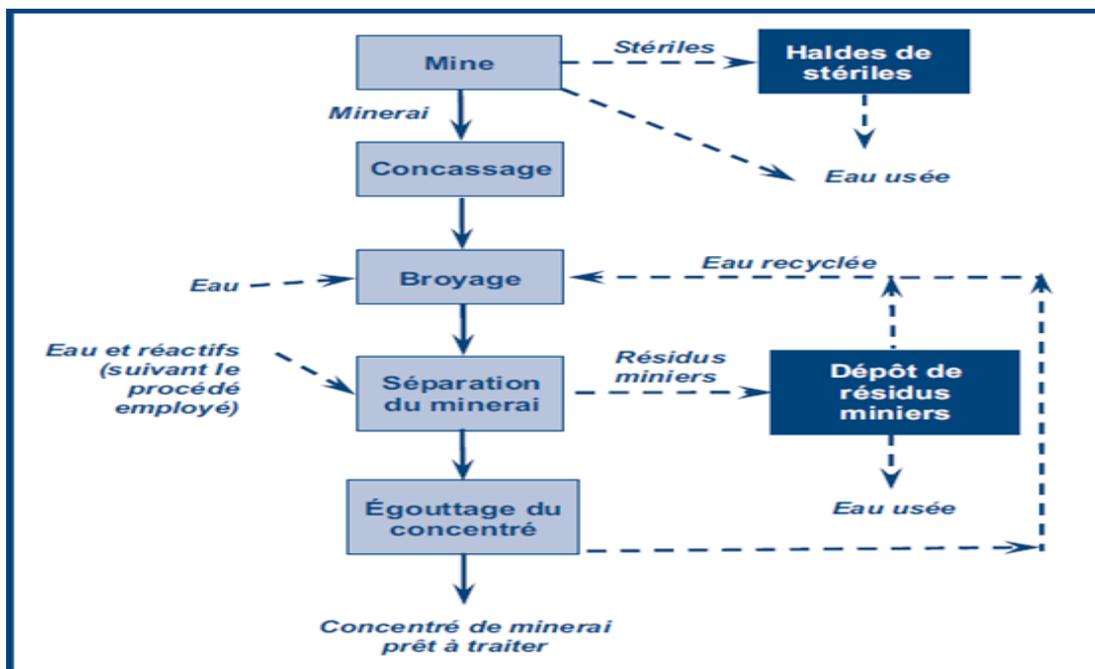
La taille des entreprises de ce secteur varie considérablement, allant d'une poignée à plusieurs milliers de travailleurs par site. Les propriétaires sont des compagnies internationales, des holdings industriels, des entreprises publiques autonomes ou encore des sociétés privées.

## I.2 Minerais industriels

Le terme "minerais industriels" couvre une large gamme de matériaux différents. Leur dénominateur commun est qu'ils sont tous utilisés comme des charges fonctionnelles ou des aides à la production par l'industrie. Ils sont généralement réduits en taille à une poudre très fine avant usage. Les catégories principales regroupées par cette famille sont le talc, le carbonate de calcium (broyé et précipité), le feldspath, le kaolin, les boules d'argile, la perlite, la bentonite, la sépiolite, la silice, les borates, etc. Les caractéristiques minéralogiques et chimiques, ainsi que la distribution granulométrique du produit final, déterminent les usages finaux possibles. Les exigences de qualité sont d'ordinaire très précises. Les usages finaux de ces minéraux sont extrêmement diversifiés. La disponibilité géologique des minerais industriels dépend des catégories considérées : le talc, par exemple, est moins commun que le sable siliceux. Cependant, même pour les catégories qui semblent plus communes, les exigences physico-chimiques peuvent être si élevées et précises que seul un nombre limité de gisements peuvent être exploités.[Bennett, 2002]

## I.3 Les étapes de production de minerai :

L'extraction et la production des métaux nécessitent plusieurs étapes. Pour bien saisir la dynamique des problèmes qui sont associés aux rejets miniers et les pratiques de valorisation de ceux-ci, il faut comprendre de quelle façon une mine opère. (Mémento roches et minéraux industriels)



**Figure 1** Étapes habituelles de la phase d'exploitation d'une mine (tiré de : Environnement Canada, 2009)

### **I.3.1 La phase d'exploration :**

L'objectif de l'exploration minérale est la découverte de nouveaux gisements qui peuvent être économiquement rentables. C'est un processus qui peut être long, coûteux et qui est rarement couronné de succès.

### **I.3.2 La phase d'exploitation :**

La figure 1.1 illustre un schéma des différentes étapes de production qui seront présentées dans cette section.

### **I.3.3 L'extraction du minerai :**

La première étape de production est de dégager le terrain sur lequel l'exploitation du minerai se fera : il s'agit de l'étape de défrichage, de décapage et de nivellement. L'extraction du minerai se fait à l'aide d'explosifs et d'équipements lourds. Le dynamitage permet de donner accès aux gisements en ouvrant les puits, les galeries et les fosses nécessaires à la production. Ces activités sont appelées forages et sautages puisqu'il est nécessaire de forer la roche pour créer les trous qui accueilleront les explosifs (MERN, 2013d). La roche ainsi fracturée est ensuite transportée par les équipements miniers. Les activités d'extraction dépendent aussi du type de mine : à ciel ouvert ou souterraine. Le choix de la méthode d'extraction dépend de plusieurs facteurs, notamment la teneur du gisement ainsi que sa géométrie. Des gisements qui se trouvent en surface seront normalement exploités à ciel ouvert, car les coûts d'exploitation sont inférieurs (Environnement Canada, 2009).

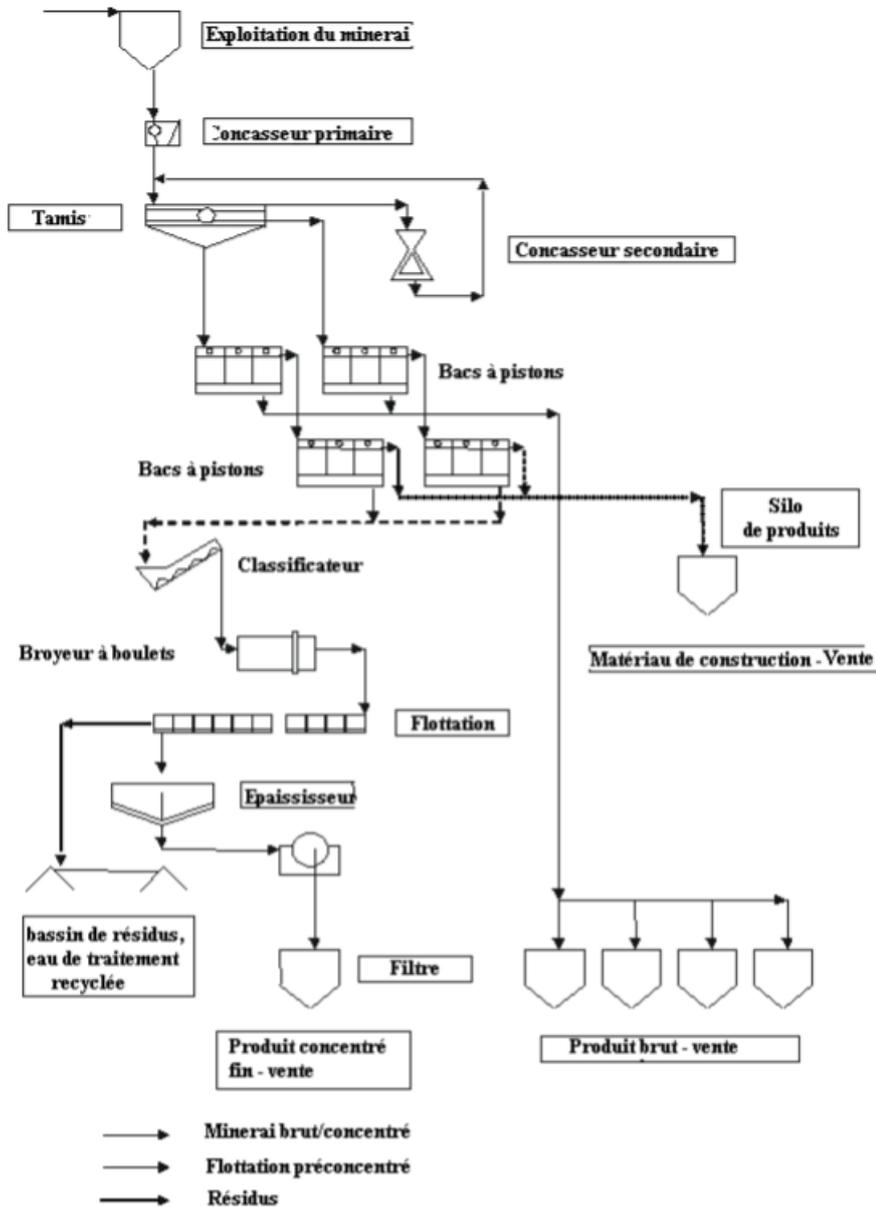
### **I.3.4 Traitement du minerai**

Il n'existe pas d'organigramme standard pour l'industrie en raison du large éventail de produits. Le traitement des minerais varie d'une simple opération de concassage de type agrégat à un traitement en milieu dense, un pistonnage, un broyage fin et une flottation. Lors de certaines opérations, de petites quantités de produit fini sont ensuite et séparément lavées à l'acide pour des applications commerciales spécifiques (Barytes, 2002). La séparation optique est également utilisée dans au moins une opération. L'exigence principale pour les applications de puits de pétrole et pour plusieurs des applications de charge (par exemple, amortissement de bruit, bouclier nucléaire) est la forte masse volumique (4,3 kg/l) et souvent une teneur en BaSO<sub>4</sub> (80 – 90 %) est suffisante pour remplir cette exigence. Ces opérations ne requièrent généralement que le concassage du matériau tout-venant pour produire un produit fin sans déchet de traitement. Plusieurs autres opérations ne requièrent que de simples méthodes par gravité pour améliorer la qualité du produit fini, généralement, un pistonnage ou une séparation en liquide dense. Le traitement des minerais peut être nécessaire :

- pour des gisements plus complexes

- lorsque la barytine est associée à d'autres minerais (par exemple, fluorine, minerai de fer)
- lorsque la barytine est disséminée finement dans la roche mère (flottation)
- pour l'industrie chimique, où des qualités supérieures à 97 % de BaSO<sub>4</sub> sont requises.

L'organigramme suivant présente un site utilisant la séparation gravimétrique au moyen de bacs à piston et par flottation.



**Figure 2: Organigramme de l'usine de traitement de barytine utilisant des bacs à piston et la flottation**

Les sites avec opérations de flottation utilisent des réactifs standards pour le traitement, par exemple, les sulfates d'alkyle en tant que collecteurs et l'ensemble ou certains du silicate de sodium, du tannin quebracho (suppresseur de talc et de carbone) et de l'acide citrique en tant que modificateurs de pulpe [29, Barytes, 2002].

### **I.3.5 L'égouttage du concentré**

La dernière étape de production est l'égouttage du concentré. À sa sortie du concentrateur, le concentré de minerai contient une forte teneur en eau qui doit être réduite au minimum. La technique couramment utilisée se fait en deux étapes : la sédimentation par gravité et la filtration. Lorsque le concentré est décanté, il traverse un filtre qui retient les particules. L'excédent d'eau peut être réutilisé dans le processus de traitement du minerai. Les activités de traitement du minerai produisent des résidus qui sont rejetés dans les parcs à résidus miniers. La composition physique et chimique de cette pulpe dépend de la composition géologique du sol et des additifs utilisés dans le traitement. Afin de rencontrer les normes de rejets ou de stabiliser chimiquement les résidus de concentrateur, il est parfois nécessaire de traiter ceux-ci avant leur rejet dans les aires d'accumulation. Des quantités parfois très importantes de boues peuvent être ainsi générées. Elles sont souvent entreposées sur le site de la mine dans des cellules spécifiquement aménagées pour cet usage (Environnement Canada, 2009).

## **I.4 L'utilisation de l'eau dans le traitement des minerais industrielle**

L'eau sous toutes ses formes joue un rôle multiple dans le fonctionnement des écosystèmes. Dans le domaine de traitement des minerais industrielles, l'eau entre dans pas mal de procédés de traitement de ces minerais qui sont : pistonnage, table à secousse et flottation.

### **I.4.1 Concentration gravimétrique :**

La concentration des minerais s'effectuait par des procédés d'ordre purement physique basés sur les lois de la chute de corps dans le fluide. Ainsi, le champ d'application était limité aux particules de dimension supérieure à 0,15 mm environ.

### **I.4.2 Définition :**

La concentration par gravité ou gravimétrique est une voie importante de la minéralurgie. En effet, certains minerais pondéreux, peuvent faire leurs concentrations par une technique gravimétrique. Les équipements de concentration gravimétrique exploitent la différence de masse volumique entre les matériaux pour accomplir la séparation grâce à l'action combinée de la gravité et de différentes forces. En réalité, la séparation est aussi affectée par le volume et la forme des particules comme dans le cas de la classification. Les effets de ces deux facteurs sont contrôlés en limitant la gamme de tailles de particules qui composent l'alimentation de ces équipements par tamisage ou classification.

Comme la classification, la concentration gravimétrique est effectuée dans l'eau de préférence, l'air est utilisé dans certains cas (tables à air) mais grâce à sa masse volumique plus élevée, l'eau est un meilleur fluide pour effectuer la séparation.

Les phénomènes qui gouvernent la séparation par concentration gravimétrique sont les mêmes que ceux qui gouvernent la classification (sédimentation, élutriation et fluidisation).

D'ailleurs, il est important de souligner le fait que sous certaines conditions des équipements de classification peuvent être utilisés comme concentrateurs gravimétriques et vice versa ( Spottishwood et Kelly, 1982 ), Sous l'action de la gravité et/ou d'une autre force, les particules baignant dans le fluide (l'eau) entrent en mouvement les unes par rapport aux autres afin de créer deux couches distinctes : celle rassemblant les particules de faible masse volumique et celle rassemblant les particules de masse volumique élevée. Les équipements de concentration gravimétrique sont divisés en quatre groupes selon les mécanismes de séparation impliqués. La concentration gravimétrique est possible en raison des différences de mouvement des particules dans un fluide en fonction de l'action simultanée de la gravité et d'une ou plusieurs autres forces.

Les courbes de lavabilité et de partage permettent d'orienter le choix de la technique séparative à adopter pour traiter un minerai.

La réussite d'une séparation gravimétrique repose sur la connaissance poussée des paramètres minéralogiques du minerai à traiter (maille de libération, masse volumique des divers constituants, présence de mixtes minéralogiques, répartition granulométrique des espèces minérales, etc.).

### **1.4.3 Les différents types :**

La concentration gravimétrique peut être en voie humide ou en voie sèche, ce dernier est réalisé en utilisant l'air comme fluide de suspension des particules. Concernant la concentration en voie humide, elle est divisée en trois dont la concentration par milieu dense, par accélération différentielle et par nappe pelliculaire fluant (table à secousses).

Les objectifs de la concentration gravimétrique sont :

- d'une part l'obtention de concentrés définitifs pour des extractions de charbon, fer, minéraux lourds comme le wolframite ou la cassitérite ;
- d'autre part la production de preconcentrés dans un grand nombre de cas (fluorine, barytine, minerais métalliques...) permettant de minimiser l'emploi de méthodes de valorisation plus onéreuse ou de s'affranchir de paramètres sensibles dans des procédés autres que gravimétrie :

cette voie est ainsi moins perturbée par des variations de composition minéralogique ou chimique que la flottation.

#### **I.4.4 Pistonnage**

Utilisations : le pistonnage est utilisé aujourd'hui pour la pré concentration ou dans le procédé de triage des matériaux grossiers (principalement le charbon). De nombreuses installations de pistonnage sont en activité dans les industries d'extraction de l'or, de la barytine, de la houille, de la cassitérite, du tungstène, du minerai de fer, et dans l'industrie sablière. Principes et architecture : dans le pistonnage, les particules de minerai sont retenues sur un crible ou une plaque perforée, dans une couche d'une épaisseur plusieurs fois supérieure à celle de la particule principale. Cette couche, ou "lit", est exposée à un flux de fluide qui augmente et diminue en alternance (pulsé) en vue de produire une stratification, les particules à haute densité migrant alors vers le fond du lit tandis que les particules à faible densité vont se rassembler au sommet du lit. Ce fluide est généralement de l'eau. Il existe différents types de bac à piston, encore appelé "jig", par exemple le bac à piston Denver, le bac à piston circulaire, le bac à piston Baum et le bac à piston Bata. Caractéristiques techniques générales (exemples) : Bac à piston Denver (employé principalement pour les métaux lourds, dans les circuits de broyage). (Environnement Canada, 2009).

- fréquence élevée : de 280 à 350/min
- granulométrie fine : de 100 µm à 5 mm
- application : minéraux lourds et sulfures
- surface maximale de prise : 2 x (60 x 90 cm)
- débit maximal : 30 t/h.

Bac à piston Batac (employé principalement pour le charbon) :

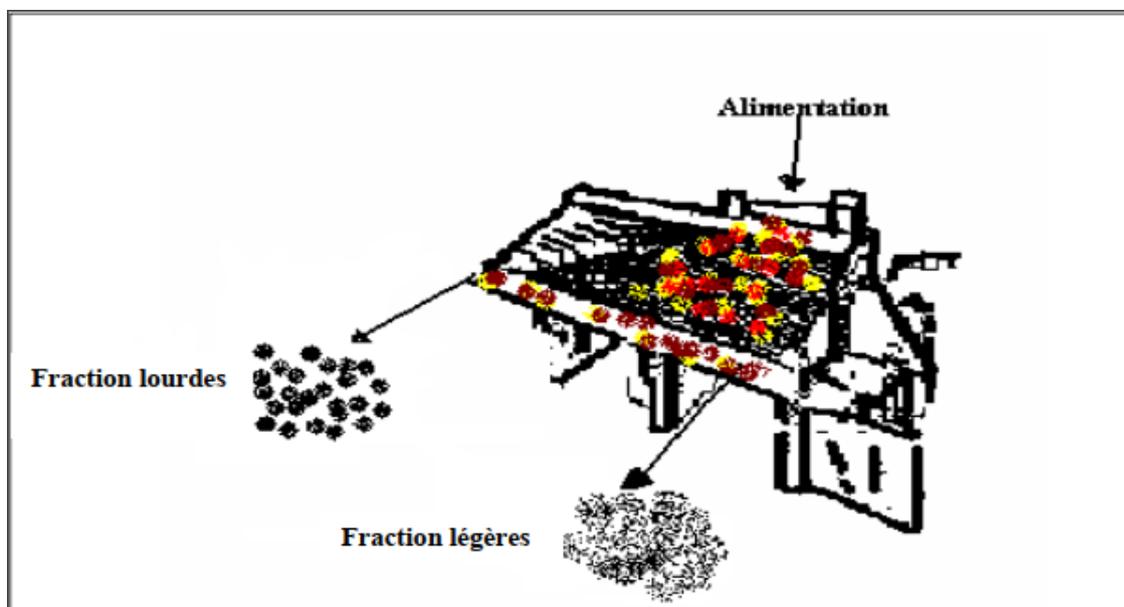
- largeur : jusqu'à 7 m
- longueur : jusqu'à 6 m
- débit : jusqu'à 1 000 t/h

#### **I.4.5 Tables à secousses**

Les tables à secousses sont composées d'une table légèrement inclinée (réglable de 0° à 6°) dans le sens de la largeur et équipée d'un mécanisme qui lui communique longitudinalement un mouvement de va-et-vient asymétrique. L'amplitude et la vitesse de ce mouvement sont aussi réglables, la surface de la table est couverte de rainures longitudinales

et parallèles dont la profondeur diminue progressivement à partir du point d'alimentation de la pulpe jusqu'à la sortie qui est diamétralement opposée (figure3).

L'eau de lavage qui s'écoule sur la table entraîne les particules légères dans la direction transversale (vers le bas). La stratification des particules entre les rainures se produit sous l'action des secousses et du courant d'eau de lavage. Les secousses contribuent à dilater le lit de particules afin de permettre aux grosses particules denses de le traverser jusqu'à la surface de la table. L'effet des secousses entraîne la formation de deux couches de particules distinctes dont l'une est composée des particules de masse volumique élevée (couche inférieure) et l'autre des particules de masse volumique faible (couche supérieure). Les particules lourdes sont acheminées longitudinalement à l'autre extrémité de la table grâce à la direction et à la nature asymétrique des secousses, à l'accompagnement de la répartition des différents produits récupérés en fonction de leur masse volumique, et à l'aide de collecteurs réglables la bordure longitudinale permet de récupérer deux produits différents dont l'un consiste de grosses particules de masse volumique faible et l'autre en un mélange de particules mixtes et de petites particules légères. De la même façon, il est possible de récupérer le long de la bordure transversale deux produits différents, l'un d'eux comporte un concentré de fines particules denses alors que l'autre est constitué de grosses particules denses mélangées à des particules mixtes. Les tables à secousses sont employées pour le traitement des particules dont le diamètre varie entre 75  $\mu\text{m}$  et 4,75 mm.



**Figure 3** Schema d'une table à secousse.

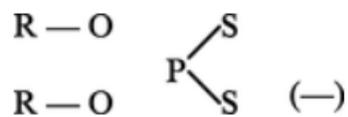
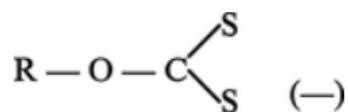


**Figure 4 table à secousse**

### I.4.6 Flottation

Il s'agit de la principale technique de séparation utilisée dans le traitement du minerai. La flottation est une des plus importantes applications techniques de la chimie-physique des surfaces. Elle est la plus souple, la plus efficace et la plus employée des méthodes de séparation solide-solide.

Pour réaliser une flottation, il est nécessaire d'ajouter à la pulpe deux réactifs au moins, appartenant chacun aux familles des collecteurs et des moussants. Les premiers sont des substances organiques qui se fixent sur la surface de certains minéraux et les rendent moins hydrophiles. Les principaux collecteurs sont les acides gras, les xanthogénates et les dithiophosphates,



Les sulfates et sulfonates, les amines primaires à longue chaîne et certaines substances non ioniques. Les moussants sont des tensioactifs qui diminuent la tension superficielle de l'eau et favorisent la formation d'une mousse dans laquelle sont retenus les grains flottés.

Pour améliorer la sélectivité d'une flottation, d'autres réactifs sont souvent nécessaires comme, par exemple, les déprimants et activant, substances le plus souvent minérales, qui

inhibent ou amplifient l'action des collecteurs sur certains minéraux. Ainsi, en flottation aux xanthates, le cuivre  $\text{Cu}^{++}$  active la blende et le cyanure  $\text{CN}^-$  déprime la pyrite. Une substance peut être à la fois activant et déprimant ; les ions  $\text{S}^-$  - activent la cérusite en la transformant superficiellement en galène, mais dépriment la flottation de ce dernier minéral.

On utilise aussi parfois des réactifs modificateurs de pH dont le rôle est très important : un minéral ne flotte en effet que dans un intervalle plus ou moins étendu de pH.

La cellule de flottation est une cuve munie d'un agitateur, d'un système d'injection d'air et d'un dispositif de raclage des mousses chargées de particules. Les cellules sont groupées en bancs, à l'intérieur desquels elles sont souvent spécialisées. Les cellules dégrossisseuses sont alimentées en minerai tout-venant et fournissent un pré concentré imparfaitement épuré et un rejet contenant encore des substances utiles. Les cellules finisseuses retraitent le pré concentré jusqu'à obtention d'un produit définitif ; leur rejet retourne aux dégrossisseuses. Les cellules d'épuisement, enfin, traitent le rejet des dégrossisseuses pour en tirer un produit relativement pauvre qui est renvoyé vers les dégrossisseuses.

Lorsqu'un minerai contient plusieurs substances utiles, on peut soit les extraire simultanément avant de les séparer (flottation collective), soit les isoler successivement (flottation différentielle).

On connaît encore mal les causes de la fixation des collecteurs sur la surface des minéraux. Malgré l'uniformité apparente de la flottation, les phénomènes physico-chimiques et chimiques qui interviennent sont nécessairement très variés. En effet, il serait illusoire de vouloir expliquer la flottation par un schéma unique, par exemple la fixation des xanthates aux sulfures, des amines aux halogénures alcalins et des acides gras aux métaux précieux. La situation se complique encore lorsqu'on essaie de tenir compte des activants et déprimants, et des interactions avec la phase gazeuse. En outre, la durée de la flottation est, en général, de quelques minutes ; il est donc nécessaire d'envisager des étapes transitoires marquant le passage de l'adsorption à la réaction chimique.

L'enrichissement peut être obtenu par des procédés gravimétriques. Lorsque des grains de deux minéraux de masse spécifique différente ( $\rho_1$  et  $\rho_2$ ) sédimentent librement dans un fluide visqueux de masse spécifique  $\rho_0$ , la séparation est possible à condition que la vitesse du plus petit grain lourd soit supérieure à celle du plus gros grain léger. Appelons  $D_1$  et  $D_2$  les dimensions extrêmes du lot. En régime laminaire, la condition précédente conduit à :

et, en régime turbulent, à :

$$\frac{D_2}{D_1} \geq \sqrt{\frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_2 - \rho_0}}$$

$$\frac{D_2}{D_1} \geq \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_2 - \rho_0}$$

D'une façon générale, une séparation par sédimentation sera efficace si l'on traite une tranche granulométrique définie par :

$$\frac{D_2}{D_1} \geq \left( \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_2 - \rho_0} \right)^m$$

Avec  $0,5 \leq m \leq 1$ . En outre, l'appareil employé sera différent, selon la finesse du mélange traité.

Pour des grains relativement fins (moins de 0,5 mm environ), les engins le plus utilisés sont les tables vibrantes et les spirales. Les tables, souvent munies de rilles horizontales, sont animées d'une vibration asymétrique longitudinale et inclinées dans la direction transversale ; les spirales sont des couloirs hélicoïdaux à section courbe.

Pour les grains plus gros (de 0,3 à 30 mm environ), on emploie principalement des jigs (bacs à piston). Les grains les plus denses y sédimentent lentement à travers un lit de grains soumis à un mouvement alternatif sous l'action d'une venue intermittente d'eau.

Les gros grains (plus de 10 mm) peuvent enfin être séparés en étant mis dans des suspensions denses de magnétite ou de ferro-silicium. La nature des particules en suspension est imposée par la nécessité de les séparer (par séparation magnétique) de la poussière de minerai, amenée par les gros grains dans la suspension (on épure, on dit qu'on régénère la suspension). La séparation par suspensions denses dans un hydro cyclone permet de baisser considérablement la limite inférieure granulométrique du procédé.

Le principe de la séparation magnétique est le suivant : lorsqu'un grain de volume  $V$  et de susceptibilité  $\kappa$  est plongé dans un champ magnétique  $H$ , chaque élément  $dS$  de sa surface subit une force :

$$dF = \frac{1}{2} \mu_0 H_i^2 \left[ (\kappa - \kappa_e) + \frac{(\kappa - \kappa_e)^2}{\kappa_e} \cos \alpha \right] dS.$$

Dans cette formule  $\mu_0$  représente la perméabilité caractéristique du vide,  $\kappa_e$  la susceptibilité du milieu,  $H_i$  le champ à l'intérieur du grain et  $\alpha$  l'angle entre  $H_i$  et  $dS$ . Pour un corps para- ou diamagnétique, le deuxième terme peut être négligé et la force agissant sur le grain vaut :

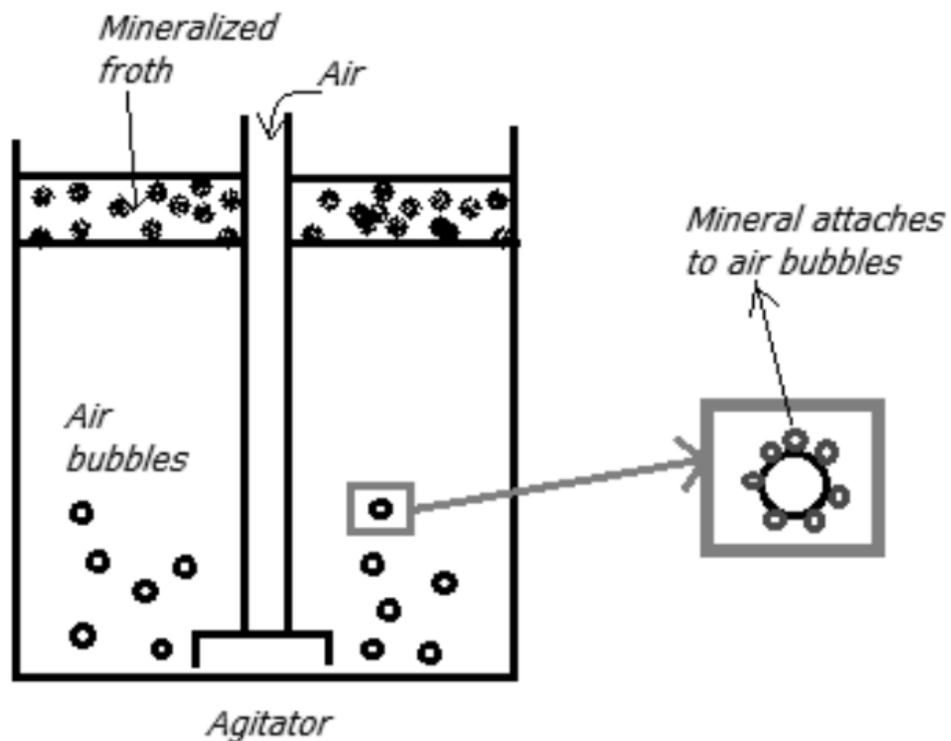
$$F = \frac{1}{2} \mu_0 (\chi - \chi_e) \int \nabla H_i^2 dV$$

$$\simeq \frac{1}{2} a \mu_0 (\chi - \chi_e) V \nabla H^2.$$

La force magnétique est donc d'autant plus grande que le champ est convergent.

Les séparateurs de grains para- et diamagnétiques créent un champ à la fois intense et convergent. Ils travaillent soit par extraction des grains à forte susceptibilité spécifique qui traversent le champ sur une courroie horizontale, soit par déviation de leur trajectoire verticale (séparateurs à rotors induits et séparateurs à matrices).

Pour la séparation de corps ferromagnétiques, on utilise principalement des tambours formés de disques en acier (constituant les pôles) alternant avec des couronnes en métal non magnétique. (par Georges PANOU)



**Figure 5 Procédé de flottation**

## **I.5 CONCLUSION**

Dans ce chapitre, nous avons déduis que l'utilisation de l'eau dans le secteur minière joue un rôle trop important, ça nécessité de trouver autre source que l'eau potable, donc l'ingénieur d'hydraulique doit faire l'étude de la réutilisation des eaux non conventionnelles afin de diminue l'utilisation d'eau des oueds ou des forages pour le traitement des mènerais.

# Chapitre 2:

La barytine

## **II. Introduction**

La baryte est l'un des minéraux industriels les plus importants. Grâce à ses applications diverses, ses réserves importantes et son exploitation intensive, elle contribue largement aux développements économique et industriel du pays. Le domaine d'utilisation de ce minéral est polyvalent, il s'englobe dans le forage pétrolier, l'hydraulique, l'industrie des batteries et les industries chimique (peinture) et radioscopique. Entre autre, Il peut être utilisé comme capteur de gaz pour tubes à vide, lubrifiant (additif), matière de charge et colorant pour papier.

A l'échelle mondiale, la baryte occupe une place primordiale parmi les minéraux industriels composants la croûte terrestre et vue à toute cette large utilisation présentant ce minéral, la demande en baryte augmente d'une façon exponentielle. A cet effet, l'industrie minière en Algérie s'occupe de l'exploitation de ce type de minerai.

Le traitement du minerai barytine au pays s'effectue à la laverie d'Ain Mimoun, et comme procédé d'enrichissement, à l'usine utilise la séparation gravimétrique par jigage. Malgré la productivité de l'usine qui augmente de jour à l'autre et la bonne qualité du concentré issue du jig, on remarque une extraction irrationnelle de la substance utile, car 25% de la baryte sont rejetés avec les déchets de traitement et avec l'eau rejetées de jigage. Ces déchets et rejets liquide présentent un problème crucial pour l'environnement et l'habitat.

L'objectif visé par cette requête est de trouver un traitement efficace d'eau rejetés de l'usine pour éviter toute sorte de contamination. Dans ce cas, notre travail est d'importance économique et environnementale, ce qui reflète l'actualité du sujet.

### **II.1 Définition**

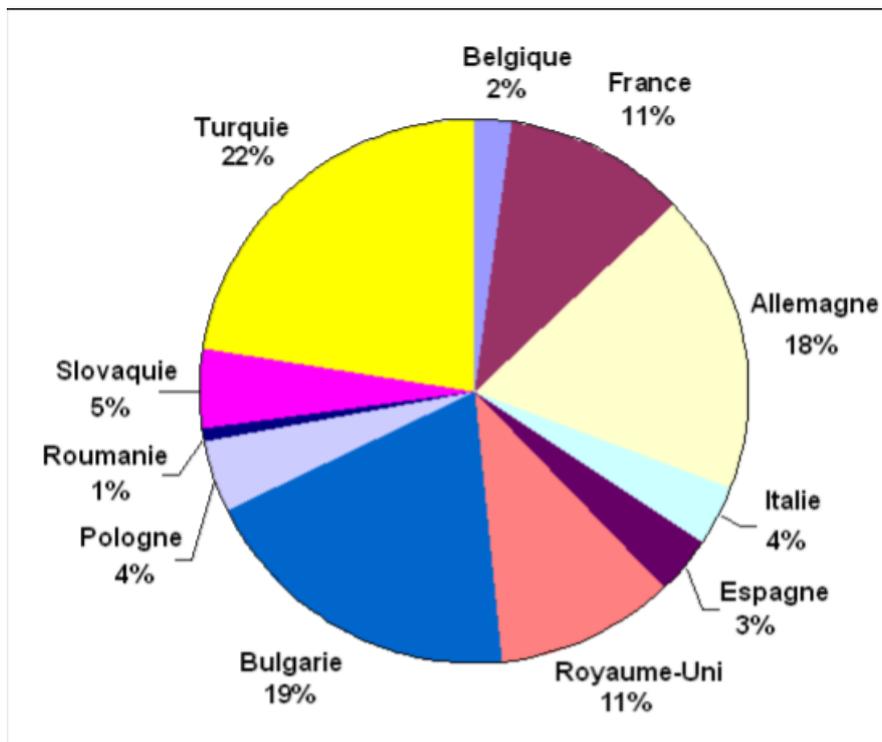
La barytine est la forme minérale naturelle du sulfate de baryum ( $BaSO_4$ ). C'est un minéral industriel d'une valeur relativement faible. Son utilisation comme charge peut entraîner des prix plus élevés après un traitement plus intensif du minerai. Ce prix peut également être majoré en fonction de la couleur - blancheur et brillance voir figure 6 (Barytes, 2002).



**Figure 6 Photos des cristaux de barytine**

La consommation de barytine de l'UE-15 est estimée avoisiner les 700 000 tonnes, la production minière de l'UE-15 se situant autour de 140 000 tonnes en 2000 et le reste étant importé, principalement de la Chine mais également du Maroc et de l'Inde (Barytes, 2002).

La figure 8 montre les principaux pays producteurs en Europe. La production annuelle européenne se monte à environ 715 000 tonnes au total.



**Figure 7 Production minière de barytine en Europe en 2000**

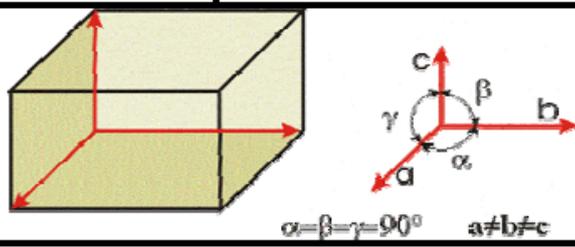
Les dépôts de barytine à travers le monde apparaissent dans les gisements sous formes résiduelle, en filon ou litée. L'extraction s'effectue au moyen de techniques à la fois en surface et souterraine selon la géologie et l'économie de la région. Chaque dépôt et la voie

d'extraction et de traitement la plus appropriée sont très spécifiques au site. Les morts-terrains et les stériles restent généralement sur site, et sont commercialisés comme produits de construction ou sont utilisés dans une remise en état/restauration générale.

### II.1.1 Caractéristiques physico-chimiques de la barytine :

Ce minéral cristallise généralement sous forme de cristaux aplatis, parfois lamellaires. Sa couleur est variable car bien que parfois incolore, il peut aussi être blanc-grisâtre, jaunâtre ou brunâtre, parfois un peu teinté de rouge, vert ou bleu, parfois zoné ou changeant de couleur selon l'exposition à la lumière. Ces cristaux ont un éclat vitreux, parfois résineux. Le trait de la barytine est blanc. Sa densité mesurée (4,50 g/cm<sup>3</sup>) est très sensiblement égale à sa densité calculée (4,47 g/cm<sup>3</sup>)<sup>19</sup>. (Wikipédia)

**Tableau 1 Caractéristique physique et chimique de barytine**

Caractéristiques physico-chimiques	
Composition chimique	BaSO <sub>4</sub>
Sulfate de Baryum	
Classe minéralogique	Sulfates
Système cristallin	Orthorhombique
 <p><math>\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ</math>    <math>a \neq b \neq c</math></p>	
Forme des cristaux	
	
Pyramide	Sphénoèdre
Densité	4,48 La baryte est remarquable par son poids exceptionnel et la perfection de ses cristaux.
Dureté	3 à 3,5 sur l'échelle de Mohs

### **II.1.2 Propriétés et applications industrielles de la barytine**

Les utilisations industrielles de la barytine sont basées sur sa densité, sa stabilité chimique, sa blancheur et son abondance relative dans la nature

### **II.1.3 La barytine dans l'industrielle pétrolière**

Ce secteur correspond à plus de 78% de la consommation mondiale.

Les boues de forage sont des milieux fluides complexes constitués d'eau ou d'huile, de produits chimiques et de minéraux en suspension. La boue injectée dans les forages, doit être capable de faire remonter correctement à la surface les débris de roche produits au fond du trou. Elle assure le refroidissement et la lubrification des outils dans le forage. Elle assure aussi l'imperméabilisation et la stabilité des parois du trou.

La densité de la boue permet d'équilibrer le poids important des tiges de sonde et les éventuelles venues de gaz sous pression, pour prévenir les risques d'explosion. Par addition de barytine on peut porter la densité des boues de bentonite qui est d'environ 1.05 à la valeur voulue qui peut atteindre 2.5.

La consommation de barytine dans un forage pétrolier varie beaucoup suivant le type de terrain traversé, la pression des gaz rencontrés et profondeur de forage.

### **II.1.4 La barytine dans l'industrie chimique :**

L'industrie chimique absorbe près de 16% de la consommation mondiale.

La barytine est la principale matière première pour la fabrication des dérivés du baryum : carbonates, chlorures, oxydes, hydroxydes, nitrates.

### **II.1.5 Le carbonate de baryum :**

C'est le plus important car il est à l'origine de la production de nombreux autres dérivés. Il est utilisé dans la fabrication de produit en terre cuite, tuiles et brique, pour contrôler les effets dus à la présence de gypse ou de sulfate de magnésium; pour diminuer la porosité et prévenir la décoloration. Le carbonate de baryum entre dans composition d'une grande variété de produits : verres spéciaux pour écran cathodique, téléviseurs, écran d'ordinateur ...

### **II.1.6 Le sulfate de baryum précipité :**

Il est chimiquement pur, est appelé «blanc fixe ». Il est obtenu par traitement d'une solution de sulfure de baryum par une solution de sulfate de sodium. Il est utilisé comme charge blanche dans les peintures, caoutchoucs, encres et autres produits qui exigent un degré de pureté supérieur à celui que l'on peut obtenir par adjonction de barytine. Le sulfate de

baryum extrêmement pur, ou « blanc-baryte » est donné pour 99% de blancheur, (100%= blanc idéal) il sert d'étalon pour l'évaluation de la blancheur d'un produit.

### **II.1.7 Le lithopone :**

C'est le résultat d'une double précipitation d'une solution de sulfate de baryum. Le produit final contient du sulfate de baryum et de 30 à 60% de sulfure de zinc. La fabrication de lithopone requiert en générale une tonne de barytine par tonne de produit. Ce pigment blanc a été longtemps apprécié pour la peinture grâce à ces propriétés : blancheur, résistance aux intempéries, pouvoir couvrant, affinité pour l'huile.

### **II.1.8 Le chlorure de baryum :**

Il est utilisé dans le traitement de surface comme durcisseur d'acier, dans la purification des eaux dans le traitement de cuir et des tissus et dans la fabrication du magnésium métal. Par électrolyse du chlorure de baryum on obtient le baryum métal.

### **II.1.9 Le nitrate de baryum :**

Il est utilisé en très faible tonnage en pétrochimie (couleur vert de la flamme) dans la fabrication de balles traçantes, de détonateurs.

### **II.1.10 L'oxyde de baryum :**

Il permet dans la métallurgie du fer, d'améliorer le rendement de four électrique.

- **L'hydroxyde de baryum** permet d'améliorer le rendement des fours électriques, dans la métallurgie et aussi l'hydroxyde de baryum entre dans la fabrication de composés électroniques et d'équipements de communication.
- **Le baryum métal** est utilisé comme capteur de gaz dans les tubes sous-vide. Il entre dans les alliages pour bougies et dans les tubes électroniques d'émission d'éléments.
- **Les ferrites de baryum** sont utilisées pour la fabrication des aimants permanents des petits moteurs électriques à courant continu très utilisés dans l'automobile.

L'utilisation de la barytine dans l'industrie chimique représente environ 10% de la consommation mondiale.

Les spécifications requises concernent la composition chimique de la barytine qui doit être aussi riche que possible en BaSO<sub>4</sub>.

La production de carbonate de baryum exige un minimum de 97 à 98% de Ba (Sr) SO<sub>4</sub>. Les oxydes de fer et la silice ne doivent pas dépasser 1%. Le ratio SrSO<sub>4</sub>/BaSO<sub>4</sub> exprimé en % doit être aussi faible que possible, environ 1%. La teneur en CaF<sub>2</sub> doit correspondre à des traces (quelques centaines de ppm)

### **II.1.11 La barytine comme charge minérales :**

Seulement 5 à 6% de la consommation mondiale de barytine correspond à l'emploi comme charge dans une grande variété de produits.

Avec ses dérivés, synthétique qui sont le lithopone et le blanc fixe, le barytine a l'avantage d'être blancheur, inerte, dense et non abrasive. Elle est résistante aux intempéries et la faculté d'absorber la radiation. Ces différentes qualités sont mises à profit dans la fabrication : de peintures, papier, caoutchouc, plastique, barrières de protection contre le rayonnement et matériaux de friction.

- En peinture automobile, la barytine entre comme charge dans les couches d'apprêt pour contribuer à l'aspect lustré de la dernière couche.
- La barytine entre la composition des plastiques et caoutchoucs des dessous de moquettes et de certaines carpettes et des éléments plats insonorisant pour l'industrie automobile.
- Dans l'industrie papetière, la barytine est utilisée comme support des couches sensibles pour impression photographique. (memento roche et minéraux industrielles)

## **II.2 Applications et commentaires**

### **II.2.1 Capteur de gaz pour tubes à vide**

On utilise du baryum comme capteur de gaz (getter) dans des tubes électroniques sous vide. Il peut lier l'oxygène, l'azote et l'hydrogène. La vapeur de baryum réagit avec ces gaz résiduels et les substances solides, qui se forment alors, précipitent sous forme de miroir sur la paroi en verre.

### **II.2.2 Lubrifiant (additif)**

On utilise le stéarate et le lauréate de baryum comme lubrifiants pour avions, camions et dans l'industrie par le fait qu'il résiste à des températures élevées (jusqu'à environ 150°C).

### **II.2.3 Matière de charge et colorant pour papier**

Le pigment "blanc fixe" (blanc permanent ou blanc de baryte) que l'on ajoute à du papier est le sulfate de baryum ( $BaSO_4$ ). Cette substance résiste à la lumière et à l'air, et fait office de pigment et de matière de charge. On l'utilise également dans le papier photographique (à cause de son pouvoir réfléchissant élevé), le coton, le papier, les peintures, les matières synthétiques, les articles en caoutchouc, le verre et le plâtre de parement.

#### **II.2.4 Feu d'artifice**

On ajoute du chromate de baryum ( $\text{BaCrO}_4$ ) à un feu d'artifice à cause de sa couleur verte spéciale. On utilise du nitrate de baryum  $\{\text{Ba}(\text{NO}_3)_2\}$  dans des feux de Bengale à cause de cette même couleur verte. On utilise également du chlorate de baryum dans des feux d'artifices  $\{\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2\}$  comme substance cédant de l'oxygène; il apporte également une couleur verte. Dans les balles traçantes, on utilise du peroxyde de baryum ( $\text{BaO}_2$ ) comme oxydant.

#### **II.2.5 Radio de l'estomac**

La bouillie barytée ( $\text{BaSO}_4$ ) est un agent de contraste pour radiographies lors de l'examen du tube digestif

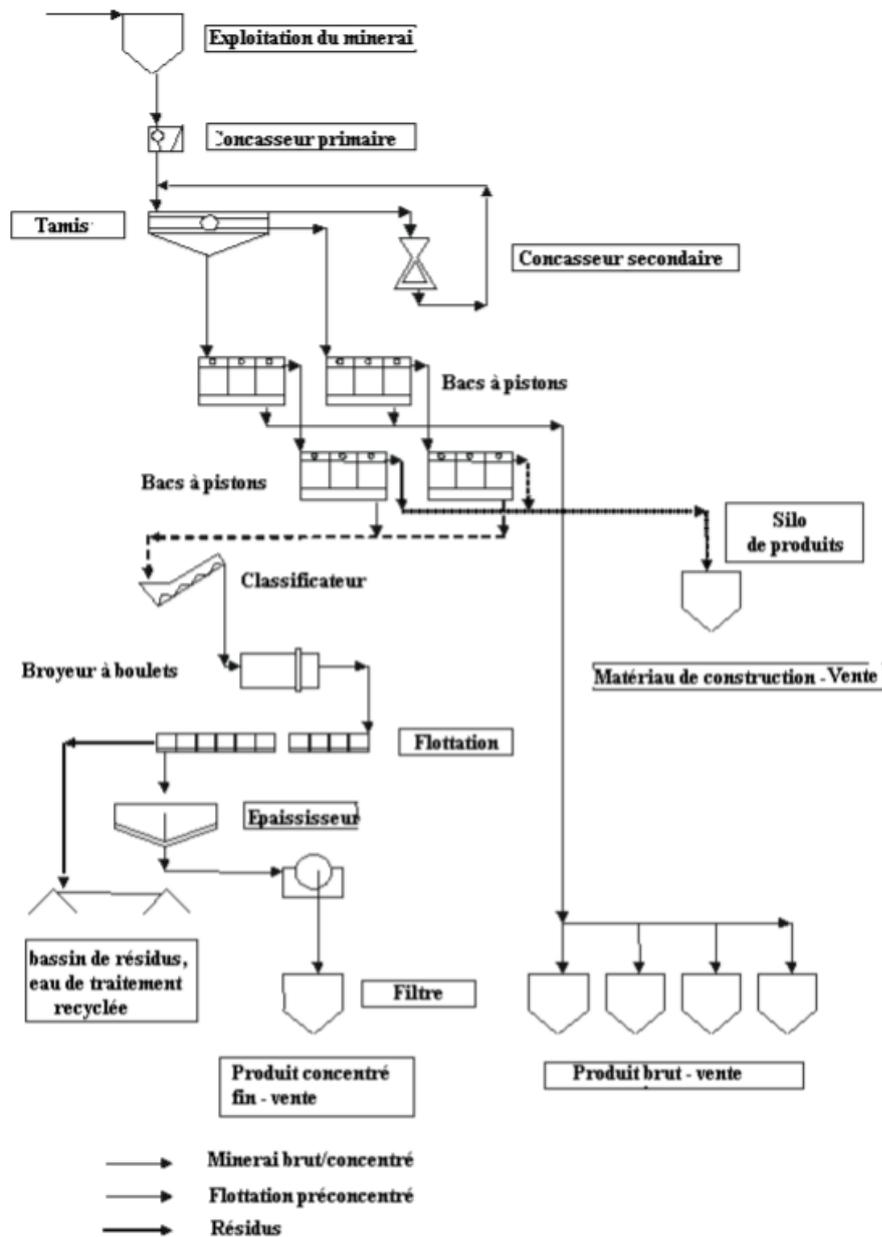
#### **II.2.6 Traitement de la barytine**

Il n'existe pas d'organigramme standard pour l'industrie en raison du large éventail de produits. Le traitement de barytine varie d'une simple opération de concassage de type agrégat à un traitement en milieu dense, un pistonnage, un broyage fin et une flottation. Lors de certaines opérations, de petites quantités de produit fini sont ensuite séparément lavées à l'acide pour des applications commerciales spécifiques [29, Barytes, 2002]. La séparation optique est également utilisée dans au moins une opération. L'exigence principale pour les applications de puits de pétrole et pour plusieurs des applications de charge (par exemple, amortissement de bruit, bouclier nucléaire) est la forte masse volumique (4,3 kg/l) et souvent une teneur en  $\text{BaSO}_4$  (80 – 90 %) est suffisante pour remplir cette exigence. Ces opérations ne requièrent généralement que le concassage du matériau tout-venant pour produire un produit fin sans déchet de traitement. Plusieurs autres opérations ne requièrent que de simples méthodes par gravité pour améliorer la qualité du produit fini, généralement, un pistonnage ou une séparation en liquide dense.

Le traitement des minerais peut être nécessaire :

- pour des gisements plus complexes
- lorsque la barytine est associée à d'autres minerais (par exemple, fluorine, minéral de fer)
- lorsque la barytine est disséminée finement dans la roche mère (flottation)
- pour l'industrie chimique, où des qualités supérieures à 97 % de  $\text{BaSO}_4$  sont requises.

- L'organigramme suivant présente un site utilisant la séparation gravimétrique au moyen de bacs à piston et par flottation.



**Figure 8** Organigramme de l'usine de traitement de barytine la procédé de flottation

Les sites avec opérations de flottation utilisent des réactifs standards pour le traitement, par exemple, les sulfates d'alkyle en tant que collecteurs et l'ensemble ou certains du silicate de sodium, du tannin quebracho (suppresseur de talc et de carbone) et de l'acide citrique en tant que modificateurs de pulpe [Barytes, 2002].

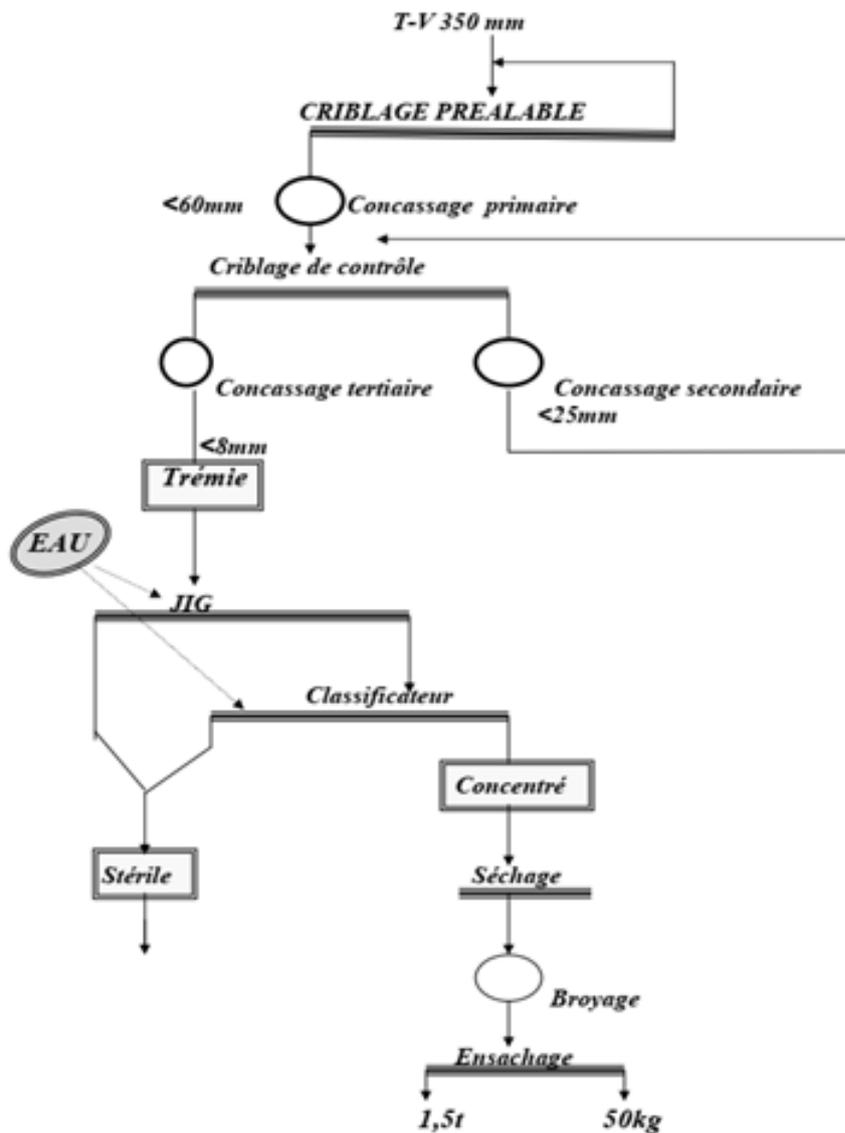


Figure 9 représente un schéma de traitement de barytine par la méthode de séparation gravimétrique

### II.2.7 Gestion des résidus :

Le tableau ci-après présente les méthodes de gestion des résidus qui sont appliquées à différents schémas de traitement de minerais.

Tableau 2 Méthodes de gestion des résidus appliquées aux mines de barytine en Europe

Type de traitement de minéral	N° de sites	% de production totale	Gestion des résidus
Concassage uniquement	2	15	Néant
Concassage + Bacs à piston uniquement	2	23	Néant
Concassage + Broyage + Flottation	2	22	Résidus secs
Concassage + Broyage + Flottation	5	40	Résidus humides

On peut voir que cinq sites, qui produisent conjointement 40 % des barytines, utilisent la gestion par voie humide des résidus. Deux de ces cinq sites rejettent conjointement 12500 tonnes de résidus dans de petits bassins et presque la moitié de ce tonnage est régulièrement dragué comme un produit pour usage terrestre. En général, on peut dire que seul un petit pourcentage (2 %) des résidus produits au sein de l'UE-15 est rejeté comme des boues dans des bassins. D'ordinaire, les résidus grossiers sont vendus comme agrégats. Les résidus plus fins sont pour la plupart asséchés et également vendus ou utilisés comme remblai dans la mine. Les options de gestion des résidus sont répertoriées de façon plus détaillée dans le tableau ci-après.

**Tableau 3 Options de gestion des résidus sur les exploitations de barytines en Europe**

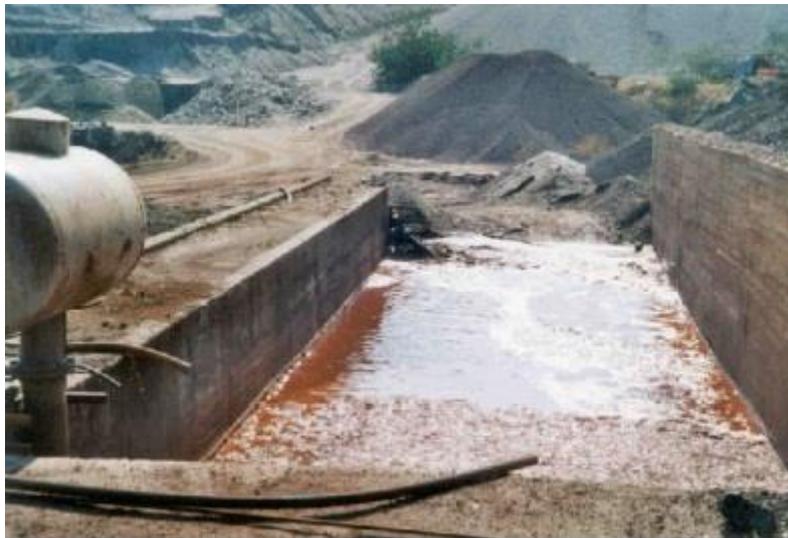
Fraction de taille		Quantité (kt/an)
Sous-total >250 - 300 µm (y compris les ventes)		77
	<250 - 300 µm asséché, terril/vente	214
	<250 - 300 remblai	20
	<250 - 300 µm bassin de résidus, Recyclage	5,5
	<250 - 300 µm bassin de résidus	7
Sous-total <250 - 300 µm		255,55
Total		323,5

L'exploitation de Coto minero Berja avec une production minière totale de 150000 t/an produit trois types de résidus :

- résidus grossiers (>25 mm) : après concassage dans un broyeur à marteaux et criblage
- après séparation par densité, la fraction légère traverse un classificateur à vis. La fraction grossière de ces résidus est utilisée comme remblai après assèchement dans des bassins dans la mine (voir figure ci-après).
- les boues du classificateur à vis (17000 t/an base sèche) sont asséchées via évaporation dans de petits bassins de résidus en béton (capacité totale de 240 m<sup>3</sup>). Les boues sèches sont également ensuite utilisées comme remblai dans la mine à ciel ouvert (voir figure ci-après).



**Figure 10 Assèchement des résidus de barytine dans la mine.**



**Figure 11 Assèchement des résidus dans bassins en béton**

### **II.2.8 Bacs à piston et la flottation :**

Les sites avec opérations de flottation utilisent des réactifs standards pour le traitement, par exemple, les sulfates d'alkyle en tant que collecteurs et l'ensemble ou certains du silicate de sodium, du tannin quebracho (suppresseur de talc et de carbone) et de l'acide citrique en tant que modificateurs de pulpe (Barytes, 2002).

### **II.3 Conclusion**

Cet aperçu théorique nous a permis de formaliser avec un vocabulaire une meilleure connaissance sur la barytine, ces caractéristique physico-chimique, ces utilisations et son traitement.

# Chapitre 3:

Description de zone d'étude

### **III. Description de la station :**

#### **III.1 Introduction**

Le bon traitement des eaux usées industrielles est dus à plusieurs facteur, donc avant de commencer toute étude de projet d'une station de traitement des eaux industrielles il est indispensable de faire une première étude sur la zone aménagée du point de vue hydrogéologique et climatique.

##### **III.1.1 Localisation de gisement d'Ain Mimoun :**

Le gisement Bari tique de Ain Mimoun, ou encore appelé « champs minier de MIZAB » s'étend sur le flanc septentrional (NW) de l'Anticlinal de KHENCHELA, sur une superficie globale de 614 hectares. Le gisement se situe à environ 10km au nord de la commune de TAMZA, à 08km au Sud-Ouest de la Daïra d'El HAMMA et à environ 16kms à l'Ouest de la ville de KHENCHELA dont il est lié administrativement. A l'Ouest, il est limité par la chaîne montagneuse « Djebel FERAOUN ».Les altitudes maximales culminent à plus de 2000 m « Djebel ICHNTGOUMA : 2119m»

##### **La ville d'Ain Mimoun :**

Ain Mimoun c'est un petit village de la wilaya de khenchela qu'est situé dans une Zone montagneuse avec un nombre d'habitation environ 1000 habitant, leur travaille base sur l'agriculture et l'élevage. Ce petit village est éloigné à la commune de kais par 9 km et de 15 km à la commune de khenchela.

##### **III.1.2 L'usine de traitement :**

Est située au niveau du village d'Ain Mimoun, et rattachée au gisement par des pistes partiellement asphaltées, l'usine fait le traitement de barytine de deux gisement Ain Memoun et Ichmoul par la méthode de séparation gravimétrique



**Figure 12 Localisation de gisement d'Ain Memoun**

## **III.2 GEOLOGIE**

### **III.2.1 GEOLOGIE REGIONALE**

#### **III.2.1.1 STRATIGRAPHIE :**

La région du gisement de MIZAB est représentée par les séries stratigraphiques suivantes :

1. Crétacé
  - A. Crétacé inférieur

#### **Barrémien :**

Affleure dans le sud de la charnière de l'anticlinal, il est à prédominance de grès quartzeux blancs à stratification entrecroisée caractéristiques d'un faciès continental à intercalations de lits calciques de dolomies et d'argilites. Il a une épaisseur pouvant atteindre 900 m.

- Aptien :
- Aptien. Inf. :  
Représenté par des grès avec des lits de marnes et de calcaires (épaisse de 80 m).
- Aptien. Moy. :

Il se subdivise en deux assises :

- Assise. Inf. :(120m d'épaisseur) calcaires gris foncé alternant avec des marnes.
- Assise. Sup. : dolomies massives (épaisseur : 90m).
- Aptien. Sup. :

Il se subdivise en deux assises :

- Assise. Inf. :(90m d'épaisseur) grès quartzeux avec des intercalations marno-calcaires.
- Assise. Sup. : formée de dolomies massives.
- Albien

**a- Albien. Inf.**

Ces dépôts sont marqués par une diversité de faciès sur 70m environ : argilites, grès, marnes, calcaires et dolomies.

**b- Albien. Moy.**

C'est le faciès plus ou moins carbonaté marqué par des argilites et des grès mais les calcaires et les dolomies sont les plus dominants (80m d'épaisseur).

**c- Albien. Sup.**

Le toit de l'albien devient généralement carbonaté sur 100m ; les calcaires récifal, les calcaires dolomitiques et les dolomies sont largement développées avec des passages de grès et de marnes.

**b. Crétacé supérieur.**

**i- Cénomaniens :**

Il est caractérisé par une absence totale de sédimentation détritique. Son épaisseur peut atteindre 1000m par endroits.

**a- Cénomaniens. Inf.**

Ces dépôts affleurent à l'extrême NW du champ minier ; faciès marneux sur 300m, renfermant des passages de petits bancs de calcaires marneux

**b- Cénomaniens. Sup.**

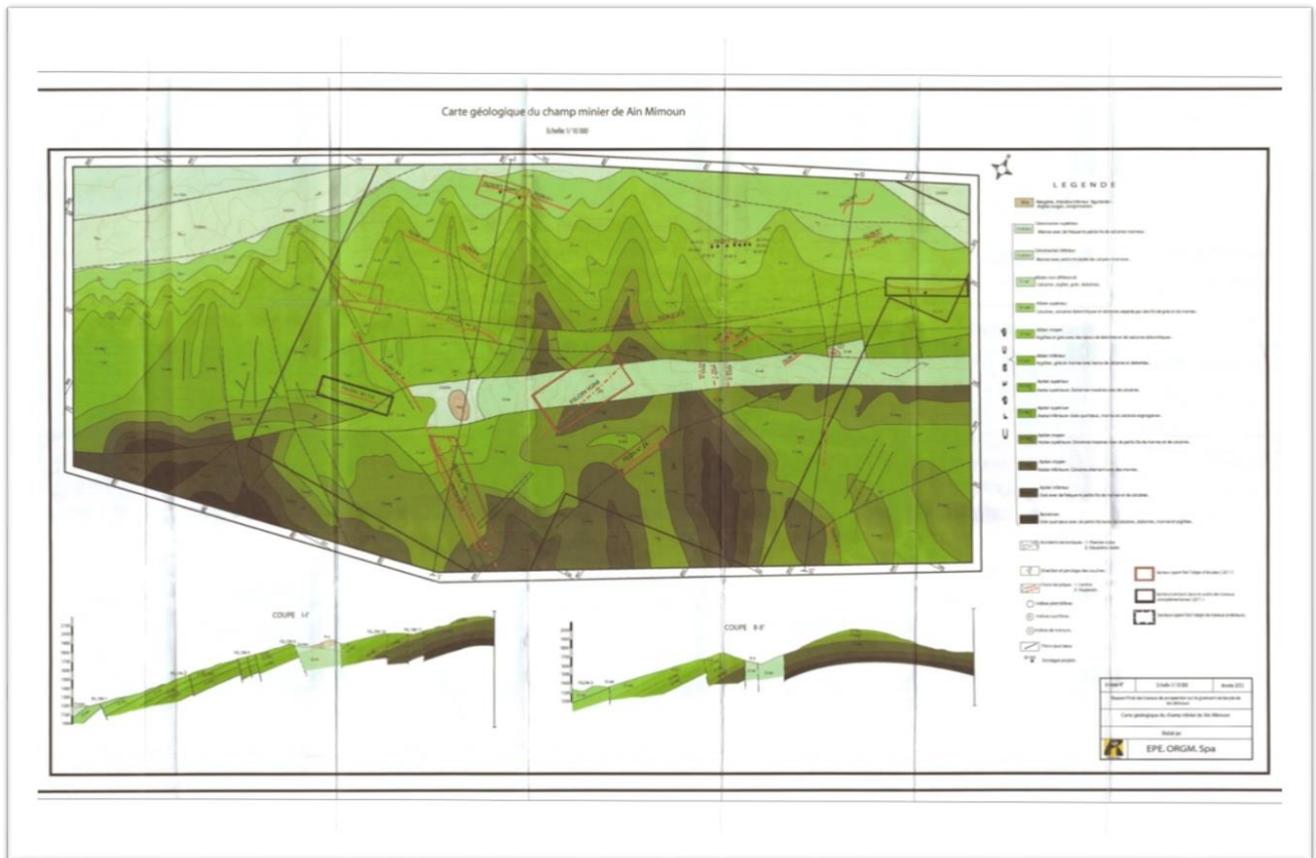
Son épaisseur est de 400 m remplacement rapides des marnes par des calcaires avec toujours des passages marneux.

**(a) Néogène :**

Il est représenté par des dépôts continentaux : conglomérats, poudingues, grès, argiles ; reposant en discordance oblique sur le Crétacé ; leur puissance varie de 250 à 300m, ce faciès est reporté au Miocène supérieur et au Pliocène. Cependant le Miocène inférieur est formé de conglomérats et de poudingues, ce sont des massifs de l'Aquitainien.

### (b) Quaternaire

Ce sont des formations largement répandues dans l'Aurès. Elles sont surtout représentées par les éboulis nappant les pentes des reliefs, et alluvions qui se développent dans les zones basses des terrasses. Vers le Sud-ouest, ce sont les dunes constituées d'argiles sableuses qui se forment dans les environs de Biskra et le long de la flexure sud atlasique.



**Figure 13 Carte Géologique du Champ minier du Mizab au 1/10000ème**

### III.2.2 a-Hydrographie :

Hydro graphiquement, l'anticlinal de KHENCHELA est sillonné par des vallées profondes transversales à versants assez rapides, et à régime d'écoulement saisonnier.

### III.2.3 b-Hydrogéologie :

Les conditions hydrogéologiques du gisement de MIZAB sont assez simples. Dans la région du gisement sont développées les eaux de fissures-bancs dans les dépôts carbonatés

(Dolomie et Calcaire dolomite), les eaux de fissures-filons (dans les accidents tectoniques) et plus rarement des eaux de fissures-sol.

Les eaux de fissures-bancs sont les plus fréquentées, le trait particulier des bancs contenant des eaux c'est la présence de la couverture imperméable sus-jacente, ce qui explique le caractère artésien de quelques bancs aquifères dans les lieux de leur abaissement. Les accidents tectoniques assurent la liaison étroite hydraulique entre les bancs acquièrent isolés est favorisant le déchargement des eaux souterraines.

L'unité a réalisé au cours de l'exercice 2016 un forage hydraulique au niveau de l'usine de traitement d'une profondeur de 150m, avec un débit de 3.3 L/S, dont l'objectif est d'alimenter la station d'enrichissement, spécialement durant la période estivale où les quantités d'eaux proviennent de l'oued IBIKANE, deviennent insuffisantes.

#### **III.2.4 c- Le climat :**

Il est de type continental : sec en été avec des températures élevées et froid en hiver avec des chutes de neiges assez fréquentes. La couverture végétale : relativement pauvre, formée par des vastes et denses forêts de pins d'Alep, de chênes, de cèdres et quelques végétations rares supportant les conditions climatiques subarides de la région.

#### **III.2.5 d- La couverture végétale :**

Relativement pauvre, formée par des vastes et denses forêts de pins d'Alep, de chênes, de cèdres et quelques végétations rares supportant les conditions climatiques subarides de la région.

#### **III.2.6 e- L'habitat :**

La région du champ minier et surtout vers sa partie ouest est occupée par de petites agglomérations d'habitat rural dont l'activité est limitée à l'agriculture et l'élevage.

### **III.3 Méthode de traitement de barytine d'Ain Mimoun :**

Le procédé de traitement du minerai de la mine d'Ain Mimoun se base sur le principe suivant

La séparation de minéraux de poids spécifique différents d'un minerai (T.V .de baryte) au moyen d'un fluide (eau).

Le traitement de minerai de barytine passe par les étapes suivantes :

- Concassage et criblage.
- Enrichissement (Jiguage)

- Séchage.
- Broyage et conditionnement.

### **III.4 DESCRIPTION DU PROCESSUS DE TRAITEMENT**

#### **III.4.1 Station de concassage, criblage et jigage**

##### **III.4.1.1 Concassage et criblage**

Dans l'usine la méthode utilisée c'est simple, la séparation gravimétrique vue la composition du tout- venant, et l'existence de l'eau car l'usine se trouve à coté de l'oued de Bekir. Avec cette méthode, on ne peut pas obtenir plusieurs concentrés en même temps, et elle nous ne permet pas d'avoir le concentré de haute qualité. Des fois, on trouve un grand problème de séparation de deux produits ayant de poids spécifique proche l'un de l'autre car cette méthode exploite principalement la différence de masse volumique entre le minerai et l'eau. Avec cette méthode, on est obligé d'utiliser d'autres méthodes d'enrichissement.

A l'unité, on obtient le concentré de baryte ayant une teneur de 82% en BaSo<sub>4</sub>, qui est acceptable comme boue de forage pétrolier, mais elle est faible pour d'autres industrie . alors à l'unité ils sont obligés d'avoir cette qualité pour l'exigence du consommateur, de passer le concentré plusieurs fois dans le cycle du schéma de traitement.

Le minerai est transporté à l'usine par des camions dont leurs capacités est de 20t, dans un stock où elle se fait l'homogénéisation, vu la teneur en BaSo<sub>4</sub> des filons est variable. Plus tard, le minerai se conduit vert des crible à barreaux pour le criblage préalable, ou les blocs hors gabarit plus de 400-450 mm sont débités à part manuellement ou à l'aide de moyen mécanique comme marteau piqueur. Après ce stade le minerai passe à travers trois stades de concassage. Dans le premier stade pour un concassage grossier utilisent un concasseur à mâchoires, et pour l'intermédiaire - un concasseur à cônes et en fin un concasseur à cylindre est destiné pour le concassage fin. La productivité de cette chaîne est de 30-40t/h, selon l'indice moyen en fonction de la composition granulométrique du minerai arrivant du fond et de la carrière.

Le minerai alimenté pénètre dans la trémie d'alimentation du produit initial ou (tout venant) de volume de 50m<sup>3</sup> afin d'assurer la disponibilité du minerai durant le travail d'un poste. L'alimentateur vibrant fait envoyer le minerai dans le concasseur à mâchoires, où il sort à une dimension de 60-80 mm à l'aide du transporteur. Tandis que le minerai de granulométrie inférieure à 60mm est acheminé à l'aide d'une bande transporteuse sur un crible vibrant muni d'une forme tissée à mailles de 25 mm d'ouverture.

Le minerai concassé inférieure à 8 mm stocké dans la trémie alimente le jig qui consiste à enrichir le produit par la séparation des particules légères par voie humide et dont le rendement dépend de la qualité du minerai concassé, de sa granulométrie et du rapport solide/liquide qui doit être de 1/2 à 1/3, après traitement gravimétrique deux produit sont obtenus : Une fraction lourde dite : concentré, une fraction légère dite : stérile

#### **III.4.1.2 Enrichissement ( jiguage)**

Le principe de cette séparation gravimétrique est basé sur l'action de classement des particules suivant leurs densités dans un courant d'eau.

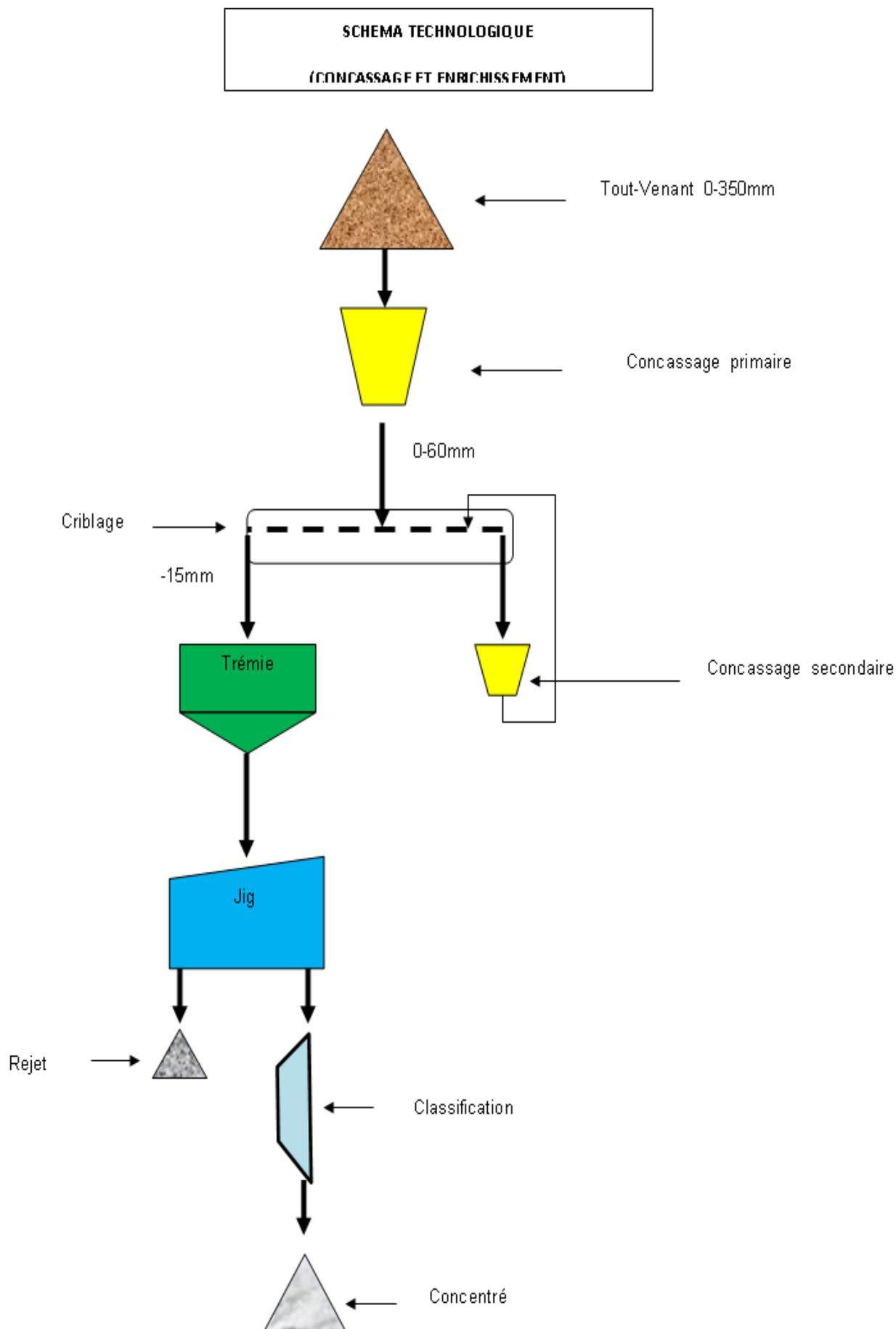
Les particules les plus denses se déposent au fond du lit, tandis que les plus légères remontent à la surface et sont entraînées vers une sortie réglable.

Le rendement du jigage est de l'ordre de 8 à 10 t/h

Le jigage permet de traiter une large gamme de tailles des particules comprises entre 100 et 10000  $\mu\text{m}$ . Le lit des particules est soumis à un mouvement sinusoïdal permettant la formation d'une couche de sol caractérisée par une MV faible par rapport à celle de l'eau , donc les particules de grande MV sera décanter et les particule de MV faible va former une couche sur la surface de l'eau .

L'action combinée de la pulsion et de la dilatation du sol engendre ce type de stratification. L'accélération différentielle, la sédimentation entravée et la stratification assistée sont les mécanismes fondamentaux du fonctionnement de cet équipement. Les paramètres opératoires influençant les performances de séparation sont la forme des particules, le pourcentage de solides, le débit d'eau, l'amplitude et la fréquence des cycles de pulsion/succion.

La fraction lourde (concentré) par l'intermédiaire d'une goulotte est déversée dans un classificateur à vis sans fin. Cette dernière assure la remonte du concentré en continu tout en laissant s'écouler l'eau. Le concentré évacué par le classificateur avec un taux d'humidité voisin à 20-25% est mis sur une aire de stockage à l'aide d'une bande transporteuse, pour lui permettre de s'égoutter d'avantage. La capacité du jigage est de 10 t/h. La fraction légère (stérile) est évacuée sur un air de stockage à l'aide d'une goulotte, après d'être égouttée, elle est récupérée à l'aide d'une chargeuse pour être stocké à l'extérieur du site. Le concentré après égouttage est repris par une pelle chargeuse pour y être stocké dans une trémie à proximité de four séchoir.



**Figure 14 SCHEMA TECHNOLOGIQUE (CONCASSAGE ET ENRICHISSEMENT)**

### **III.5 Station de séchage, broyage et conditionnement**

#### **III.5.1 Séchage :**

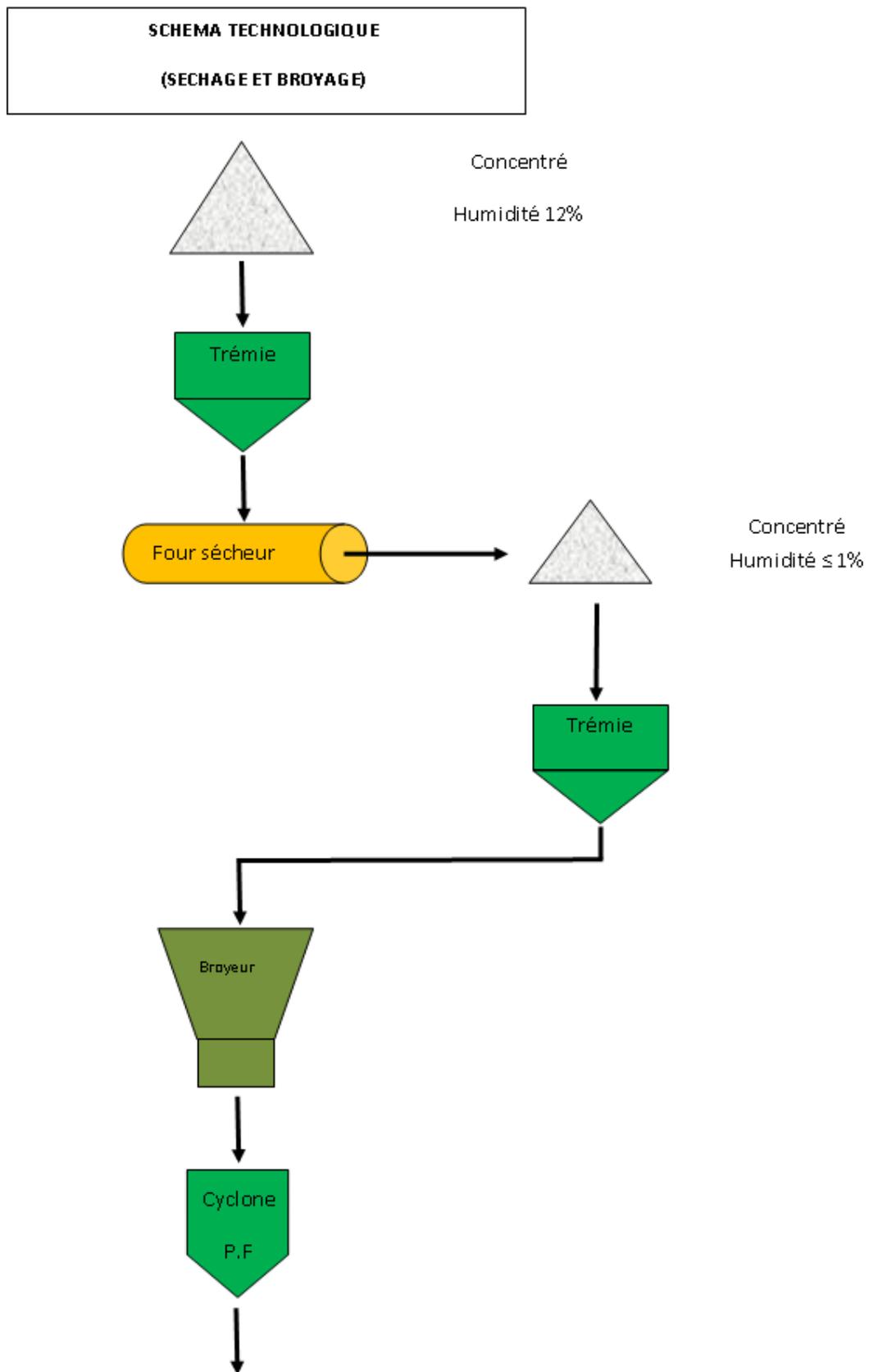
Après analyse du concentré au laboratoire suivant l'exigence de la norme API spécification 13A section 2(densité > 4.10) le concentré (humidité 12%) est déversé par une pelle chargeuse dans une trémie de capacité 40 Tonnes, alimentant le sécheur ( 100°C), par une bande transporteuse dont le but est de se débarrasser de l'humidité (humidité maximale de 1%).Par la suite le concentré est stocké dans une trémie de 30 Tonnes de capacité alimentant le broyeur.

#### **III.5.2 Broyage**

Le produit séché passe dans un broyeur pendulaire de capacité 12 T/H pour être broyé jusqu'à une finesse de 74µm, le produit broyé est aspiré par un ventilateur et stocké dans une trémie de capacité de 45 T.

#### **III.5.3 Conditionnement :**

Le produit broyé (produit fini) est conditionné dans des big bag de 1,5 tonne.



**Figure 15 SCHEMA TECHNOLOGIQUE (séchage et broyage)**

### **III.5.4 L'utilisation de l'eau dans l'usine**

L'usine est alimentée en eau claire par un sondage situé à quelques kilomètres en amont de l'usine, cette eau arrivée à l'usine par gravité est stockée dans un bassin ayant pour but d'alimenter le jigge, ce bassin et contient aussi l'eau recyclée après son traitement dans un bassin de décantation.

L'eau de traitement qui sort de jigge s'écoule dans conduite circulaire ouverte vers un bassin de décantation pour que les particules solide qui caractérise par une MV grande par rapport à celle de l'eau sera décanter après le traitement l'eau va pomper par une pompe centrifuge vers un autre bassin pour alimente le jigge

Le minerai est traité dans le but d'obtenir un produit marchand conforme à la norme API spécification 13 A section 2 (densité > 4,20).

Finalement, le concentré obtenu rejoint la station de séchage au niveau d'un four rotatif à séchage direct, à l'aide d'un élévateur à godet, le minerai passe dans le broyeur pendulaire pour le broyage fin là où il atteint une dimension très fine inférieure à 0,074mm. Les schlamms du broyage sont aspirés est stockés dans des filtres. Le produit fini marchand est ensaché dans des sacs de 50 kg sur palettes de 02 tonnes housées et cerclées et conditionnées dans des big-bag de 1,5 tonne. Un contrôle est effectué par prélèvement sur chaque lot de 20 tonne, les résultats sont consignés sur le registre journalier de production du produit fini. L'identification des lots est décrite selon la procédure d'identification et traçabilité. La capacité nominale de l'usine est conditionnée par le concentré issu de l'atelier de jigage qui environ de 10 t/h.

### **III.6 L'eau dans l'activité de séparation de minerai dans l'usine d'Ain Mimoun**

#### **III.6.1 Les eaux dans l'entrée de jig :**

Pour le traitement du minerai l'usine d'Ain Mimoun recours une source naturelle : un forage de capacité de 90 litre par seconde et de profondeur de 150 , cette eau est stocké es dans un bassin de 20.4 m de longueur et de 10.4 m de largeur et une profondeur moyenne de 3 m , a cette eau s'ajoute le eaux recyclées provenant du bassin de décantation (la digue) . Le bassin alimente le jigge gravitairement par une conduite de 84.17 m de longueur et 110 mm de diamètre.

#### **III.6.2 Les eaux de la sortie de jigge :**

Les eaux sortie du jigge sont des eaux riche en matière en suspension et chargée par des particules fines des minerais qui ont un masse volumique inferieur a celle de l'eau .Ces

eaux sont envoyées par une conduite ouverte vers le bassin de décantation (digue) dont le but de les traiter pour les réutilisent .

### **III.6.3 Les eaux de sortie de la digue :**

Le traitement de l'eau rejetée du jigge se fait par la technique naturelle de sédimentation. Cette technique permet de faire une séparation physique des eaux des matières solides. La boue issue du traitement de la baryte est rejetée dans le milieu naturel.

### **III.7 Conclusion**

La présentation de la zone d'étude fait une partie très importante dans l'étude de traitement des eaux usées industrielles, elle collecte les données et les informations nécessaires pour prendre une bonne vue sur la zone d'étude, dont la lecture de ces données on trouve que l'eau fait une partie essentielle dans le traitement de barytine. L'étude dans les chapitres suivants a pour objectif de dimensionner une station de traitement des eaux rejetées par l'usine dans le but de les réutiliser.

# Chapitre 4 :

Caractérisation des eaux industrielles  
rejetées par l'usine d'Ain Memoun

## **IV. Introduction :**

Au cours de ce chapitre, on va procéder au prélèvement et à l'échantillonnage afin d'analyser l'eau brute et traiter de l'usine d'Ain Mimoun de barytine.

L'analyse effectuée touche les paramètres physico-chimique dans le but de trouver si l'eau traitée est conforme aux normes de rejet et pour la réutiliser, d'autre part de proposer des solutions techniques pour un bon traitement.

### **IV.1 Prélèvement de l'eau et conservation :**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. Globalement, il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable. De toute façon, les résultats de l'analyse ne seront exploitables que si le prélèvement a un caractère représentatif.

En outre, s'il est bien évident qu'un prélèvement correct est indispensable à l'obtention de résultats analytiques significatifs, il est tout aussi important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire.

Le prélèvement instantané n'est qu'un reflet de la composition de l'eau qui a un caractère évolutif, surtout vis-à-vis des phénomènes de pollution. Une meilleure appréciation de ces variations peut résulter d'une multiplication des prélèvements, mais ceci constituera une sujétion matérielle et financière. Le prélèvement en continu, grâce à des dispositifs automatiques dont il existe de nombreux types dans le commerce peut donner une représentation moyenne de ces phénomènes qui n'est toutefois pas une photographie de l'amplitude des variations, celles-ci pouvant être écrêtées. Les erreurs susceptibles de rendre difficile l'interprétation des résultats sont plus souvent liées à un échantillonnage non satisfaisant qu'à des erreurs analytiques proprement dites. En pratique, le préleveur évitera de constituer un échantillon moyen s'étalant sur plus de 24 heures.

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité (PEHD) avec des

bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaud et rincés avec de l'eau d'ionisée puis séchés, est recommandé. Ces flacons sont susceptibles de réutilisation après un lavage adéquat si l'échantillon n'est pas excessivement pollué. Les flacons destinés au prélèvement pour l'analyse des éléments minéraux seront traités à l'acide nitrique environ N, puis rincés abondamment, égouttés, fermés mais non séchés. Le maintien d'une atmosphère humide permet, par rinçage du flacon au moment du prélèvement, d'éliminer une contamination éventuelle du flacon. Pour les lavages, il convient d'employer des détergents sans phosphates, bore, etc., pour ne pas contaminer les échantillons.

L'emploi de mélange sulfochromique est à bannir du fait de la transformation du chrome 6 en chrome 3 facilement adsorbé par le verre et en raison de la toxicité du réactif. S'il s'agit de doser des éléments organiques, le traitement par détergent approprié pour laboratoire suivi des rinçages habituels est à pratiquer. Au moment du prélèvement, pour l'analyse chimique, les flacons seront de nouveau rincés 3 fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

L'usage de flacons jetables en verre ou en matière plastique s'est largement répandu, en raison des facilités qu'ils présentent pour le transport et de la possibilité de leur usage unique étant donné leur prix compétitif. Leur nettoyage étant délicat, leur réemploi poserait des problèmes de contamination résiduelle. Les flacons neufs doivent normalement être traités à l'acide nitrique dilué au 1/10, rincés à l'eau dé ionisée jusqu'à cessation de toute acidité au papier de tournesol (\*). En raison d'une possibilité d'adsorption de certains produits organiques (hydrocarbures, pesticides) et de certains éléments minéraux (phosphore...), leur emploi n'est pas recommandé pour ces dosages. Leur perméabilité peut également présenter quelques inconvénients pour le dosage des gaz dissous.

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une rivière, d'une nappe ouverte, d'un réservoir, d'une citerne, la bouteille sera plongée à une certaine distance du fond (50 cm) et de la surface, assez loin des rives ou des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts.

Dans le cas d'un lac ou d'une retenue d'eau, il y a lieu de choisir plusieurs points de prélèvements et, en chacun d'eux, de prélever plusieurs échantillons à différentes profondeurs pour tenir compte de l'hétérogénéité verticale et horizontale. S'il est nécessaire de se servir d'un vase intermédiaire pour le prélèvement, ce vase sera au préalable lavé et rincé soigneusement. Il existe des dispositifs permettant d'ouvrir les flacons à un niveau déterminé

et ainsi de prélever l'eau en un point donné. Le mélange de plusieurs échantillons ainsi recueillis peut donner un échantillon moyen.

Dans le cas d'une eau souterraine, deux cas très différents peuvent se présenter. S'il s'agit d'un captage ou d'un puits équipé d'une pompe, les prélèvements se situeront normalement au terme d'une épreuve de pompage ininterrompue d'une durée totale de l'ordre de 30 heures ou, tout au moins à la fin de la dernière journée d'une série de trois journées consécutives de pompage de 10 heures. S'il s'agit d'une source aménagée, effectuer le prélèvement au trop plein, sinon il convient de procéder à un aménagement provisoire.

Dans le cas de prélèvement à un robinet, si le but est le contrôle de l'eau distribuée, il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée. En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes. Présenter alors la bouteille sous le robinet sans l'avoir refermé. Par contre, si le but de l'analyse est de contrôler la concentration de certains éléments rélargies par la canalisation, tels que zinc, plomb, cuivre, il convient de laisser l'eau stagner dans celle-ci pendant toute la nuit et de prélever l'eau immédiatement à l'ouverture du robinet.

Il existe dans le commerce des systèmes de prélèvement automatiques permettant d'effectuer des prélèvements représentatifs en fonction du temps et des débits ; ils sont dans ce dernier cas asservis à leur débitmètre fixe ou mobile.

Le volume nécessaire pour une analyse complète d'eau peut varier de 2 à 5 litres, non compris les prélèvements spéciaux. Sauf pour certaines déterminations particulières à pratiquer sur place (oxygène dissous, pH, potentiel d'oxydo-réduction, température), l'analyse n'a pas un caractère extemporané. D'une façon générale, le transport à la température de 4 °C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante. (RODIER J. (2009)).

## **IV.2 Échantillonnage :**

Compte tenu de la diversité de la nature des eaux résiduaires ainsi que des systèmes de transfert et de dilution, il n'existe pas de technique de prélèvement satisfaisante en toutes circonstances. Il est essentiel d'obtenir des prélèvements représentatifs du rejet de traitement de barytine (lavage de minerai) et des prélèvements représentatifs après traitement de l'eau au niveau de l'usine.

En fonction du but à atteindre le prélèvement sera manuel instantané et pour assurer une bonne conservation des échantillons il faut maintenir la température à 4 °C. Seront

effectués dans des bouteilles en plastique de 5 litre, les échantillons soigneusement étiquetés et conservés à 4 °c seront transportés depuis le site d'ain memoun jusqu'aux le laboratoire de l'école national supérieur d'hydraulique.

En ce qui concerne les matières en suspension, leur mesure doit intervenir dans les 6 heures après le prélèvement.

Les prélèvements pour certaines analyse se font dans 6 points, différents de l'usine, à l'entrée du jig (au se fait la séparation des minerais avec l'eau), à la sortie du jig, à l'entrée et la sortie du bassin de décantation et à un point de contact entre l'oued et le bassin de décantation, eau de forage, le prélèvement se fait dans des conditions réglementaires d'hygiène.

Le choix des points de prélèvement été bien étudié :

- Eau de forage : L'usine est alimentée en eau claire par un sondage situé à quelques kilomètres en amont de l'usine, cette eau arrivée à l'usine par gravité est stockée dans un bassin ayant pour but d'alimenter le jig.
- Entré du jig ; le jig consiste à enrichir le produit par la séparation des particules légères par voie humide. il est alimenté par un mélange d'eau de forage et d'une eau recyclé dans un bassin de décantation.
- Sortie du jig : après traitement gravimétrique deux produit sont obtenus : Une fraction lourde dite : concentré, une fraction légère dite : stérile, Le produit léger, représente les rejets, est acheminé avec l'eau vers la surface là où ils seront évacués des deux côtés transversaux de la machine
- Entrée de bassin de décantation (digue) : une eau chargé avec des matières en suspension sort à partir de jig et transité dans un canal à ciel ouverte vers la digue, pour que les MES décante. On a choisi cette point pour le prélèvement pour faire la comparaison entre l'entré et la sortie de la digue pour voire est ce que la décantation est suffisante comme un traitement de cette eau chargé ou pas
- Sortie de bassin de décantation (digue) : l'eau sort de digue c'est une eau traité mais ce n'est pas une eau claire, c'est une eau aussi chargé par les matières en suspension, donc le traitement au niveau de la digue est n'est pas suffisant.



**Figure 16 Représente les échantillons d'eau prélevée de l'usine de barytine**

Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identifie le prélèvement
- point de prélèvement
- Motif de la demande d'analyse

### **IV.3 Matériel et méthode :**

#### **IV.3.1 Analyses physico-chimiques :**

Dans l'usine d'Ain Mimoun, l'eau destinée au traitement de barytine est turbide, ce qui nous oblige à faire toute une analyse physico-chimique concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau est délimité par des concentrations maximales pour les paramètres à analysés au niveau de laboratoire de l'école d'hydraulique.

Nous avons donc réalisé des analyses pour déterminer la qualité physico chimique de l'eau de l'usine.

#### **IV.3.2 Mesure du pH et température par électrométrie :**

La différence de potentiel existant entre une électrode en verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution est une fonction linéaire du pH de cette solution. La détermination consiste en la mesure d'une différence de potentiel, elle s'effectue à l'aide d'un dispositif potentiomètre.

La température est aussi déterminer avec le même dispositif.



**Figure 17**Le pH-mètre HACH

#### **IV.3.3 Détermination de la conductivité :**

La conductivité électrique mesure le pouvoir conducteur d'une eau. Le courant est produit par les ions inorganiques présents à l'état dissous.

La détermination de la conductivité s'effectue par la mesure de la résistance d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes. Une différence de potentiel engendrée par la résistance de la solution est inversement proportionnelle à la conductivité de l'eau.



**Figure 18 Représente le conductimètre de type JENWAY**

#### **IV.3.4 Détermination de la turbidité par absorption moléculaire**

La turbidité mesure une propriété optique de l'échantillon qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspension présentes dans l'échantillon.



**Figure 19 Turbidimètre de type lovibond**

#### **IV.3.5 Mesure de MES :**

But :

Le but de cette manipulation est de mesurer la concentration des matières en suspension d'une eau usée industrielle par filtration sur papier filtre spéciale.

##### ***IV.3.5.1 Principe et théorie :***

La détermination des solides en suspension se fait en filtrant une portion d'échantillon au travers d'un filtre « whatman 94 AH » préalablement pesé. Lorsque la filtration est terminée, le résidu est séché à 105 °c et pesé de nouveau. Le poids de solides en suspension est obtenu par différence de poids.

La quantité de solides en suspension volatils est obtenue par la différence entre le poids du résidu calciné à 550 °c et celui séché à 105 °c .

- ✓ Appareillage
- ✓ pompe à vide
- ✓ papier filtre
- ✓ Etuve température max > 500° c
- ✓ Balance électronique précise degré de précision 0.1mg

#### **IV.3.6 Méthode d'analyse :**

- 1) Peser le filtre et cupule d'aluminium à l'aide d'une balance analytique (immédiatement avant l'utiliser)

- 2) homogénéiser l'échantillon.
- 3) Filtrer un volume homogène à travers le filtre whatman 934 AH ou équivalent de façon à mesurer un maximum 200 mg de matières en suspension.
- 4) Noter le volume d'échantillons filtré
- 5) laver le cylindre et l'entonnoir avec 3 portions de 10 ml d'eau que l'on videra sur le filtre ne s'assurant que tout le filtre soit bien rincé. Attendre que l'eau soit filtrée avant l'ajout d'une autre portion de 10 ml
- 6) Maintenir la filtration sous vide 3 minutes après le dernier rinçage
- 7) Remettre le filtre dans sa cupule
- 8) Faire sécher à l'étuve à 105°C pendant une nuit
- 9) Faire sortir la cupule et le filtre de l'étuve et peser

Expression des résultats : le taux de matières en suspension exprimé en mg/l est donné par la formule

$$E = \frac{(B-A) \times 1000000}{D}$$

E= quantité de MES en mg/l

A= poids du filtre vide (g)

B= poids du (filtre + solide) après séchage à 105°C (g)

#### **IV.4 Calcule de MES et interprétation de résultats :**

Au cours de mon travail au sein de laboratoire de l'école, il a été mis à notre disposition les moyens nécessaires pour effectuer l'analyse de 6 échantillons issus de l'usine de barytine, mesure de température, pH, conductivité, turbidité et MES.

Pour éviter la répétition on a donné l'abréviation ci-dessous pour chaque échantillon :

E1 : eau de forage

E2 : eau de l'entrée de jigue

E3 : eau de sortie de jigue

E4 : entrée de bassin de décantation

E5 : sortie de bassin de décantation

#### **IV.4.1 Résultats des analyses physico-chimiques :**

Les résultats de l'analyse physico-chimique sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 4 Représente les résultats de mesure de pH turbidité et conductivité**

Numéro d'échantillon	pH	Conductivité (ms)	Turbidité (NTU)	Température (°C)
E1	7.87	1.635	22.1	23
E2	8.52	0.698	>800	23
E3	8.35	0.668	>800	23
E4	8.23	0.667	>800	23
E5	8.03	0.683	>800	23

#### **IV.4.2 Calcule de MES :**

Les résultats sont exprimés d'après l'équation suivante :

$$E = \frac{(B - A) \times 1000000}{D}$$

$$E2 = 1158 \text{ (Mg /l)}$$

$$E3 = 7254 \text{ (mg/l)}$$

$$E4 = 11903.33 \text{ (mg/l)}$$

$$E5 = 2090 \text{ (mg/l)}$$

Pour l'échantillon numéro 1 (l'eau de forage) on a utilisé un seule filtre donc

$$M0 = 235.3 \text{ mg}$$

Alors :

$$E1 = 5678 \text{ mg/l}$$

#### **IV.4.2.1 Interprétation de l'évolution de la température :**

La température est un paramètre très important pour le bon fonctionnement de système d'épurations, une température inférieure à 10°C ralenti les réactions chimique de la bactérie La température de l'eau résiduaire de l'usine de Ain Mimoun est de température ambiante de 23°C

#### ***IV.4.2.2 Interprétation de l'évolution du pH :***

Ce paramètre nous permet de déterminer le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Le pH de l'eau usée sort de jigue est un pH basique ceci est due à la qualité des polluants qui n'influence pas sur le pH, ces polluants ne sont pas des sels solubles qui peuvent augmenter la salinité d'eau sortie.

#### ***IV.4.2.3 Interprétation de l'évolution de la conductivité :***

Les résultats obtenus après analyse donnent une légère variation entre l'entrée et la sortie de l'usine. Ces valeurs sont au-dessous de la limite fixée par la réglementation Algérienne 3 ds/m. La légère diminution des valeurs de la conductivité électrique entre l'eau de forage et les eaux recyclées à conclure que l'eau de forage est chargée par des matières minérales.

#### ***IV.4.2.4 Interprétation de l'évolution des MES :***

Les matières en suspension représentent la quantité de pollution minérale non dissoute dans l'eau, c'est-à-dire les matières décantables et colloïdales. Les MES sont responsables d'ensablages ou d'une baisse de pénétration de la lumière dans le milieu.

L'eau sort de jigue est une eau chargée par les matières en suspension ceci est due à l'existence des minerais dans le tout venant de gisement d'Ain Memoun qui ont une masse volumique inférieure à celle de l'eau.

### **IV.5 Qualité des eaux usées de l'usine de barytine :**

Dans cette partie de notre étude, nous nous intéressons à la qualité des eaux usées, qui peuvent contenir divers types de pollutions.

Nous nous sommes procurés les résultats analysés d'eau rejetée effectués par nous au sein de laboratoire d'analyse d'eau de l'école nationale d'hydraulique. Les paramètres les plus importants sont comparés aux normes environnementales algériennes du décret exécutif N°06 141 du 19 Avril 2006 définissant les valeurs des rejets d'effluent.

Les résultats d'analyse physique des rejets de l'usine de barytine (sortie de bassin de décantation).

**Tableau 5 résultats des analyses pour l'échantillon 5**

Paramètre	Unité	Résultats	Norme algérienne
pH		8.03	6.5-8.5
T	°c	23	30
Conductivité	Ms	0.0683	2960 $\mu$ S/cm
Turbidité	NTU	>800	10
MES	Mg/l	2090	30

Ces analyses ont montrés que le teneur de MES, Turbidité et Conductivité dépasse les normes algériennes pour les eaux usées traitées, ce qui confirme notre hypothèse que le traitement d'eau rejeté par le jigge au sien de la digue n'est pas suffisant.

#### **IV.6 Conclusion :**

Le processus principal de traitement des eaux rejetés de l'usine de barytine est la décantation qui permet une séparation de deux phases liquide solide, par simple gravité. On a vu à la cour des analyses au niveau de laboratoire que l'eau rejetées est contient de 90 % de MES qui est décanté. Une bonne décantation permet d'éliminer d'environ 60% de ces MES.

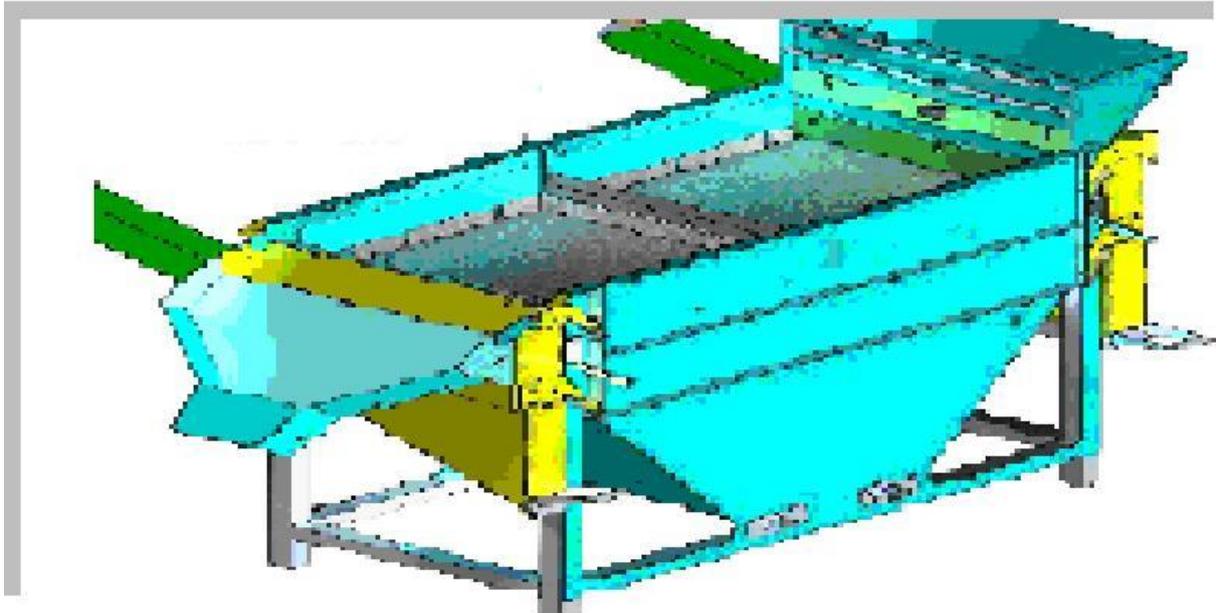


# Chapitre 5:

Dimensionnement de la chaîne de  
traitement des eaux résiduaires  
rejetées par l'usine d'Ain Memoun

## V. Introduction

Au niveau de l'usine d'Ain Mimoun la méthode qu'ils adoptent c'est la séparation gravimétrique qui se produit au niveau de jigue. Ce mécanisme repose sur l'action de pulsations oscillatoires verticales d'un courant d'eau. Ce mécanisme engendre l'expansion du lit qui facilite le mouvement des particules les unes par rapport aux autres. Ce mouvement provoque la stratification des particules en fonction de leur masse volumique. Dans ce mécanisme chaque tonne de tout venant besoin de 5 mètre cube d'eau pour la séparation des particules.



**Figure 20 Schéma de jigue**

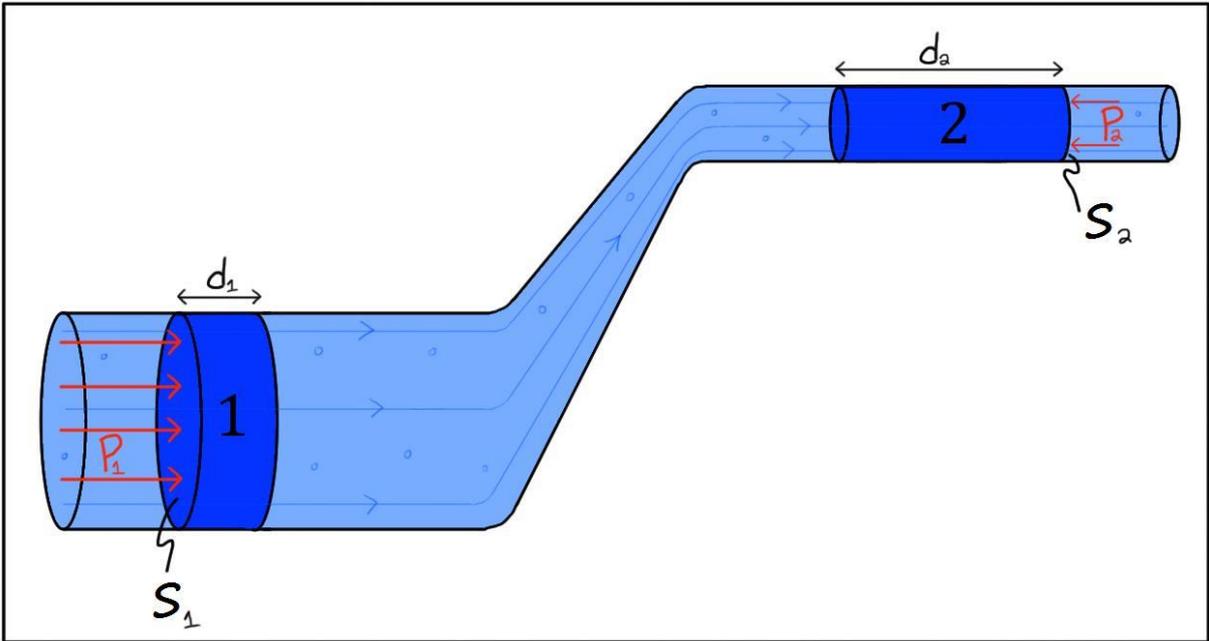
Le jigue est alimenté par un bassin rectangulaire de 20.4 m de longueur et 10.4 m largeur avec une profondeur moyenne de 3 m, par une conduite de 110 m de diamètre et 84.17 m de longueur.

### V.1 Calcule de débit à l'entrée de jigue :

Le débit volumique est la quantité, généralement de liquide, qui circule dans une canalisation durant un laps de temps déterminé. Exprimé en litres par seconde (L/s), litres par minute (L/mn) ou en mètres-cubes par heure (m<sup>3</sup>/h), en plomberie, le débit volumique est proportionnel à la vitesse de circulation de l'eau et au diamètre des tuyaux, coudes, raccords, vannes et robinet.

Pour le calcul de débit on utilise l'équation de Bernoulli

L'équation de Bernoulli est simplement une forme plus générale et plus mathématique du principe de Bernoulli qui prend en compte les variations d'énergie potentielle de pesanteur.



**Figure 21 schéma explicatif de l'équation de Bernoulli**

L'équation de Bernoulli relie les pressions, les vitesses et les altitudes de deux points d'une ligne de courant d'un fluide de masse volumique  $\rho$  en écoulement laminaire permanent. L'équation de Bernoulli s'écrit généralement de la manière suivante :

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \Delta h \quad \text{Equation 1}$$

Où le terme  $\Delta h$  représente la dissipation d'énergie (exprimée en mètres) entre le point 1 (en amont) et 2 (en aval de l'écoulement). Dans le cas d'un fluide incompressible, si la section du tuyau est constante, alors la vitesse est également constante. L'altitude  $z$  étant imposée par l'installation de la canalisation, on voit que la perte de charge se traduit par une diminution de pression. (L'encastre, 1995) .

Une relation plus générale s'écrira :

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\Delta P}{\rho g} \quad \text{Equation 2}$$

Où

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad \text{Equation 3}$$

Dans notre cas l'écoulement c'est un écoulement en charge, le bassin alimente le jige gravétement, la section de la conduite est constante

$$\text{Donc } v_1 = v_2 = \text{constant} \quad \text{Equation 4}$$

On suppose aussi que la pression et la même dans l'entrée et la sortie de la conduite

$$P_1 = P_2 = \text{constant} \quad \text{Equation 5}$$

Z1=1065m

Z2=1058m

$$\Delta h = z_1 - z_2 = \Delta h = 7 \square$$

L'équation Hazen-Williams est une relation empirique qui relie le flux d'eau dans une conduite avec les propriétés physiques de la conduite et la chute de pression causée par la friction. Il est utilisé dans la conception de systèmes de conduite d'eau comme des extincteurs automatiques à eau, des réseaux d'approvisionnement en eau et des systèmes d'irrigation. Il est nommé après Allen Hazen et Gardner Stewart Williams. L'équation Hazen-Williams a l'avantage que le coefficient C n'est pas une fonction du nombre Reynolds, mais il a l'inconvénient que c'est seulement valable pour l'eau. Aussi, il ne représente pas la température ou la viscosité de l'eau. (Brater et al, 1996).

**a) Forme générale :**

Henri Pitot a découvert que la vitesse d'un liquide était proportionnelle à la racine carrée de sa charge au début du 18e siècle. Il prend l'énergie de pousser un liquide par une conduite et Antoine de Chézy a découvert que la perte principale était proportionnelle à la vitesse au carré. Par conséquent, la formule Chézy relie la pente hydraulique S (la perte principale par unité de longueur) à la vitesse liquide V et le rayon hydraulique R (Walski & Thomas ,2006)

$$V = C\sqrt{RS} = C.R^{0,5}.S^{0,5} \quad \text{Equation 6}$$

La variable C exprime la proportionnalité, mais la valeur de C n'est pas une constante.

En 1838 et 1839, Gotthilf Hagen et Jean Léonard Marie Poiseuille ont indépendamment.

Déterminé une équation de perte principale pour le flux laminaire, l'équation HagenPoiseuille. Autour de 1845, Julius Weisbach et Henry Darcy ont développé l'équation DarcyWeisbach. L'équation Darcy-Weisbach était difficile d'utiliser parce que le facteur de friction était difficile d'évaluer. En 1906, Hazen et Williams a fourni une formule empirique qui était facile à utiliser. La forme générale de l'équation relie la vitesse moyenne d'eau dans une conduite avec les propriétés géométriques de la conduite et de la pente de la ligne d'énergie. ( Walski & Thomas , 2006)

$$V = C\sqrt{RS} = C.R^{0,5}.S^{0,5} \quad \text{Equation 7}$$

V : est la vitesse

K : est un facteur de conversion pour le système d'unité (k = 1.318 pour des unités usuelles américaines, k = 0.849 pour des unités de SI)

C : est un coefficient de rugosité

R : est le rayon hydraulique

S : est la pente de la ligne d'énergie.

L'équation est semblable à la formule Chézy mais les exposants ont été ajustés pour mieux adapter des données de situations typiques d'ingénierie. Un résultat d'ajuster les exposants est que la valeur de C apparaît plutôt un constant sur une vaste gamme des autres paramètres. Le facteur de conversion k a été choisi pour que les valeurs de C soient les mêmes comme dans la formule Chézy pour la pente hydraulique typique de S=0.001. La valeur de k est 0.001-0.04. Le facteur C typiques utilisés dans la conception, qui prend en compte un peu d'augmentation de la rugosité par rapport à l'âge des conduites. (Williams & Hazen, 1914).

**Tableau 6 : Augmentation de la rugosité par rapport à l'âge des conduites**

Matériels	C Facteur bas	C Facteur haut
Ciment d'amianté	140	140
Fonte nouveaux	130	130
Fonte 10 ans	107	113
Fonte 20 ans	89	100
Fonte 30 ans	75	90
Fonte 40 ans	64	83
Mortier de ciment aligné au Conduite Malléable de Fer	140	140
Béton	100	140
Cuivre	130	140
Acier	90	110
Fer Galvanisé	120	120
Polyéthylène	140	140
Chlorure de polyvinyle (PVC)	150	150
Plastique Renforcé de fibre (FRP)	150	150

(Brater et al...1996).

**b) Equation final de Hazen Williams :**

Elle est définie en unités SI par l'expression suivante (Walski, Thomas, March 2006)

$$Q = 0,849 \cdot A \cdot C \cdot R_h^{0,63}$$

**Equation 8**

Dans laquelle :

Q : est le débit volumique dans la conduite, exprimé en m<sup>3</sup>/s

C : est le coefficient de rugosité de Hazen-Williams du matériau constituant la conduite, nombre sans dimension dont quelques valeurs sont données dans le tableau suivant :

**Tableau 7: Coefficient de rugosité pour hazen williams**

Coefficient de rugosité	Valeur
Acier	120
Béton, brique	100
Bois	120
Cuivre	150
Etain	130
Fonte	100
Matière plastique, pvc	150
Plomb	130
Verre	140

(Walski, Thomas 2006)

- A : est l'aire de la section de conduite, exprimée en m<sup>2</sup>
- Rh : est le rayon hydraulique de la conduite, exprimé en m
- J : est le gradient d'énergie hydraulique, défini par  $\frac{h_{\text{amont}} - h_{\text{aval}}}{L}$  avec h la charge exprimée en mètre colonne d'eau, et L la longueur de la conduite. J est donc un nombre sans dimension.

## V.2 Application de la formule de Hazen William dans notre cas :

La formule d'Hazen William permet de déterminer le débit maximum transportable par un tronçon d'adduction en fonction du diamètre choisi et du type de matériau utilisé.

La formule de Hazen William est la suivante :

$$Q = 0,2785 \cdot \left(\frac{\Delta H}{L}\right)^{0,54} \cdot C_1 \cdot D^{2,63} \quad \text{Equation 9}$$

Avec :

Q : Le débit maximum transporté par le tronçon (en  $m^3/S$ ).

$\Delta H$  : Est la différence d'altitude entre les deux extrémités du tronçon (en m)

L : Longueur du tronçon

$C_1$ : Le coefficient de frottement du matériau utilisé (d'après le tableau =140).

Les résultats pour notre cas sont les suivants :

$$\Delta H = 7m$$

$$Q = 0.0217m^3/s$$

### V.3 Dimensionnement de décanteur primaire et secondaire :

Avant de parler sur le dimensionnement des deux décanteurs il faut d'abord choisir le terrain de l'implantation de ces décanteurs.

Choix de lieu d'implantation des décanteurs :

- Le décanteur primaire doit être implanté à la sortie de jigüe
- Le bassin de décantation secondaire doit être implanté loin de cours d'eau pour éviter toute sorte de contacts entre l'eau de l'oued et les eaux rejetés par l'usine
- Le bassin de décantation secondaire doit éviter d'être implantée à la sortie de l'usine et sur des parcelles agricoles exploitées



Figure 22 présente le choix d'implantation des bassins

#### **V.4 Définition de la décantation**

La décantation procédé qu'on utilise pratiquement dans toutes les usines industrielles pour traiter l'eau usée, ce procédé élimine les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules s'accumulent au fond de bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifié.

#### **V.5 Type de décantation :**

Selon la concentration en solide et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation :

##### **V.5.1 La décantation de particules discrètes**

Les particules conservent leurs propriétés initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute. La vitesse de chute est alors indépendante de la concentration en solide.

##### **V.5.2 La décantation de particules floculant**

Ce type de décantation est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Les propriétés physiques de ces particules (forme, dimension, densité et vitesse de chute) sont donc modifiées pendant le processus.

##### **V.5.3 La décantation freinée**

Ce type de décantation est caractérisé par une concentration élevée de particules, ce qui entraîne la formation d'une couche de particules et par conséquent, l'apparition d'une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant.

##### **V.5.4 La décantation en compression de boues**

Les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures.

Nous supposons que le régime laminaire du décanteur ne contribue plus à la floculation et que nous sommes dans le cas d'une décantation de particules discrètes.

#### **V.6 Principe de la décantation :**

Toute particule présente dans l'eau est soumise à deux forces. La force de pesanteur, qui est l'élément moteur, permet la chute de cette particule. Les forces de frottement dues à la traînée du fluide s'opposent à ce mouvement. La force résultante en est la différence. STOKES a établi à partir de ces données, la loi qui permet de calculer la vitesse limite de chute d'une particule.

$$v_L^2 = \frac{4}{3} \frac{d_p}{C_D} \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g$$

$$C_D = a \text{Re}_p^{-n}$$

$$\text{Re}_p = \frac{d_p \cdot \rho \cdot v_p}{\mu}$$

Avec

$v_L$  : vitesse limite de chute de la particule (m/s)

$d_p$  : diamètre de la particule (m)

$C_D$  : coefficient de traînée

$\rho_s$ : masse volumique du solide (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_f$ : masse volumique du fluide (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)

$a, n$  : constantes

$\text{Re}_p$  : nombre de Reynolds particulaire

$v_p$  : vitesse de la particule (m/s)

$a$  et  $n$  sont fonction du régime :

Laminaire ( $10^{-4} < \text{Re}_p < 1$ )

$$a = 24$$

$$n = 1$$

Intermédiaire ( $1 < \text{Re}_p < 103$ )

$$a = 18,5$$

$$n = 0,6$$

Turbulent ( $103 < \text{Re}_p < 2.105$ )

$$a = 0,44$$

$$n = 0$$

## V.7 Géométrie du décanteur :

Dans un souci de simplicité technique, nous avons choisi de dimensionner deux types de décanteurs et choisissons-le plus simple et plus économique.

Un décanteur longitudinal demande peu de maintenance et une main d'œuvre peu qualifiée. La forme correspondant à la meilleure hydraulique donne alors un rapport de 1 pour 6 entre la largeur et la longueur de l'ouvrage de décantation. Les décanteurs sont allongés autant que possible dans la limite de 80 m, avec une profondeur comprise entre 1,5 et 2 m (exceptionnellement 3) pour assurer un écoulement laminaire stable en filets parallèles. Il faut noter qu'une durée de traversée supérieure à 3h engendrerait des risques de fermentation, ce qui nuirait au rendement de la décantation du fait de la remontée des boues déposées par la formation de bulles gazeuses.

Le raclage est assuré par des ponts racleurs qui se déplacent suivant un mouvement de va et vient. Ils raclent les boues à contre-courant uniquement pour éviter que les matières légères ne soient entraînées dans la surverse.

### **V.8 Dimensionnement de la chaîne du traitement :**

D'après les analyses qu'on a fait au niveau de laboratoire de l'école d'hydraulique on a trouvé que les eaux rejetés par l'usine d'ain mimoun :

- Des eaux chargées par les matières solides
- Des eaux chargés par de MES non soluble dans l'eau
- La boue est sous forme argile

Le but de l'étape de décantation est de faire tomber au sol les particules dont le diamètre est supérieur à 0.015 mm.

Notations

td : temps de décantation (temps mis pour toucher le sol) (s)

t : temps de séjour dans le décanteur (s)

vf: vitesse de déplacement du fluide dans le décanteur (m/s)

vL : vitesse limite de chute de la particule (m/s)

Q : débit à traiter (m<sup>3</sup>/s)

l : largeur du décanteur (m)

L : longueur du décanteur (m)

h : hauteur du décanteur (m)

A : aire au sol ( $A = l.L$ ) (m<sup>2</sup>)

S : section du décanteur ( $S = l.h$ ) (m<sup>2</sup>)

Pour calculer la vitesse de chute il faut d'abord savoir la décomposition chimique de tout venant de gisement d'ain memoun qu'est présente dans le tableau suivante

**Tableau 8 la décomposition chimique de tout venant de gisement ain memoun**

Minerai	Composition	Densité g/cm <sup>3</sup>	Dureté	Couleur
Baryte	BaSo <sub>4</sub>	4,4	3,5	Blanche
Calcite	CaCo <sub>3</sub>	2,72	2,5 - 3	Incolore ou blanc opaque
Quartz	SiO <sub>2</sub>	2,5 - 2,6 - 5	7	Blanche
Hématite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,26	5-6	Gris ou noir
Galène	PbS	7,58	2,5	Gris de plomb
Covelline	CuS	4,6 - 4,76	1,5 - 2	Bleu
Malachite	Cu <sub>2</sub> Co <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub>	3,9 - 4,05	3,5 - 4	Vert brillant
Feldspath	KAISi <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	2,5 - 2,6	6 - 6,5	Incolore
Bauxite	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5	Friable	Gris bleuté

D'après les résultats de tableau on remarque que la bauxite est l'élément le moins dense, donc on calcule la vitesse de chute pour la bauxite pour une densité de  $D = 2.5$

### V.8.1 Dimensionnement de décanteur primaire :

La décantation primaire classique consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Dans notre cas le produit léger qui sort de jig, représente les rejets, est acheminé avec l'eau vers la surface là où ils seront évacués des deux côtés transversaux de la machine ce qui nous oblige de dimensionner un décanteur primaire avec une seille pour permettre de diminuer la quantité de MES pour éviter toute sorte de colmatage de la conduite et d'éviter tout dépôt provoqué par l'écoulement au niveau de la conduite.

#### Donnée :

Masse volumique eau = 1000kg/m<sup>3</sup>

Masse volumique bauxite = 2500 kg/m<sup>3</sup>

Viscosité =  $1.307 \times 10^{-3}$  pa.s

Diamètre de particule = 50µm

$g = 10 \text{ m/s}^2$

Le décanteur doit être tel qu'au moins les particules de diamètre égal à 0.06 soient retenues. De plus, une telle particule est retenue si :

$$t_d < \tau \Leftrightarrow \frac{h}{v_L} < \frac{L}{v_f} \Leftrightarrow \frac{h}{v_L} < \frac{L \cdot S}{Q}$$

On prend le diamètre de particule pour le calcul de vitesse de chute est :  $D = 0.06 \text{ mm}$

Donc :

$$V = 0.00225 \text{ m/s}$$

On en déduit que la surface au sol minimale vaut :

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0.0217}{0.00225} = 9.64 \text{ m}^2$$

On prend  $A = 10 \text{ m}^2$

On a déjà :

En général,  $L = 6l$ , donc :

$$L = 5 \text{ m et } l = 2 \text{ m}$$

L'efficacité d'un décanteur longitudinal ne dépend pas de la profondeur, donc on pose  $h = 1.5 \text{ m}$ .

### **V.8.2 Dimensionnement de la conduite de bassin primaire jusqu'au bassin de décantation secondaire:**

Pour déterminer le diamètre de la conduite qui transporté l'eau de sortie de décanteur primaire jusqu'au décanteur secondaire, on a choisi de calculer avec la formule de Hazen Williams.

$$Q = 0,2785 \cdot \left( \frac{\Delta h}{l} \right)^{0,54} \cdot c \cdot D^{2,63}$$

Avec :

$Q$  : Le débit maximum transporté par le tronçon (en  $\text{m}^3$  par Seconde).

$\Delta H$  : Est la différence d'altitude entre les deux extrémités du tronçon (en m)

$L$  : Longueur du tronçon

C1: Le coefficient de frottement du matériau utilisé (d'après le tableau =150).

Les résultats pour notre cas sont les suivants :

$$\Delta h = 1058 - 1052 = 6m$$

$$Q=0.0217 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C= 150$$

$$L = 75 \text{ m}$$

Après calcul on a trouvé  $D= 123.24 \text{ mm}$

On prend selon le marché une conduite de diamètre égale à 160 mm de type PVC

L'écoulement dans ce cas est gravitaire avec une pente de 0.008m

### **V.8.3 Dimensionnement de décanteur secondaire :**

Les eaux sortie de décanteur primaire sont encore chargé par les MES ce qui exige un autre de dimensionner un autre décanteur.

Pour le dimensionnement de décanteur secondaire on a choisi le diamètre des particules égale 0.015 mm c'est-à-dire toute les particules de diamètre égale ou supérieure à 0.015 mm sera décanter.

On a :

$$D=0.015 \text{ mm}$$

Donc après calcul on trouve ;

$$V=0.00014073 \text{ m/s}$$

On en déduit que la surface au sol minimale vaut :

$$A=\frac{Q}{V} = = \frac{0.0217}{0.00014073}=154.83 \text{ m}^2$$

On prend  $A=155 \text{ m}^2$

On a déjà :

En général,  $L = 6l$ , donc :

$$L= 31\text{m et } l= 5\text{m}$$

L'efficacité d'un décanteur longitudinal ne dépend pas de la profondeur, donc on pose  $h=1.5\text{m}$ . Le temps de séjour vaut alors :

$$\tau=\frac{l \times L \times h}{Q} = \frac{31 \times 5 \times 1.5}{0.0217}$$

Temps de séjours = 178 mn

## **V.9 Dimensionnement de conduite de refoulement :**

### **V.9.1 ADDUCTION ET POMPAGE**

L'adduction des eaux consiste à étudier les voies et les moyens, tant sur le plan technique qu'économique, en vue d'acheminer les eaux prélevées de la station, vers le bassin de stockage pour alimenter le jigüe.

De par leur fonctionnement les adductions peuvent être classées selon leurs charges :

- Soit en adduction par refoulement
- Soit en adduction gravitaire

### **V.9.2 Choix du tracé :**

Le choix de la conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on se forcera dans la mesure du possible de respecter.

Le tracé doit être le plus court possible entre le décanteur et le bassin de stockage

Aux points hauts du tracé, peuvent se conformés des contentements d'air difficile a évacuer ou des ventouses seront exigés ainsi apparaît la nécessité d'éviter autant que possible les contres pentes

Eviter les profils horizontaux, qui peuvent perturber le régime d'écoulement

Il serait préférable de suivre les accotements des routes, pour faciliter les travaux ainsi que l'acheminement des matériaux

L'examen des conditions dans lesquelles être établi cette canalisation, aussi bien au point de vue technico-économique.

### **V.9.3 Choix des types de conduites :**

Le choix porté sur les différentes conduites se fait en fonction de :

- Diamètre
- Pressions supportées
- Les conditions d'installation
- Les revêtements
- La disponibilité
- Du prix unitaire
- Du type de sol

- Ne pas omettre d'intégrer le coût de transport qui reste un paramètre important

Dans le projet, nous avons opté pour les conduites en PEHD et cela en raison des avantages qu'elles présentent.

- Très économiques
- Disponibilité sur le marché (production locale)
- Permettre une pose simple et adéquate
- Résistance a des grandes pressions (> à 20 bars)
- Réduction des pièces spéciales
- Les frais d'amortissement de la conduite varient dans le même sens que le diamètre de celle-ci et dans les mêmes conditions du débit véhiculé
- Les frais d'exploitation qui seront inversement proportionnels au diamètre de la conduite

#### V.9.4 Adduction à partir de bassin de décantation

L'usine de barytine est disposée d'un bassin de décantation qui refoule un débit de **21.7** l/s

#### V.9.5 Calcul du diamètre économique :

Notre étude consiste a déterminé le diamètre économique à partir du forage vers le réservoir R1.

La détermination du diamètre économique est basée sur l'étude technico-économique.

Il y'a plusieurs formule qui donne le diamètre économique qui sont :

- 1) Formule de BRESSE [1]:

$$D_{ec} = 1.5 \sqrt{Q} \dots\dots\dots$$

- 2) Formule de BONNIN [1] :

$$D_{ec} = \sqrt{Q} \dots\dots\dots$$

- 3) Formule de MUNIER [1] :

$$D_{éc} = (1+0.02n) \sqrt{Q} \dots\dots\dots$$

Avec :

$n$  = nombre d'heures de pompage.

$Q$  = débit en  $m^3/s$ .

#### V.9.6 Démonstration de la formule :

- $C_t = C_{const} + C_{expl} \dots\dots\dots(1)$

Avec :  $C_t$  : coût total

$C_{const}$  : Coût de construction

$C_{expl}$  : Coût d'exploitation

- $N = \frac{\rho * g * Q(H_g + \Delta H)}{10^2 * \eta} \dots\dots\dots(2)$

Avec :

$N$  : puissance de la station de pompage

$H_g$  : la hauteur géométrique entre le niveau dynamique est le niveau de trop plein du réservoir

$\Delta H$  : la perte de charge

$\rho$  : La masse volumique de l'eau (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : Accélération de la pesanteur (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$Q$  : le débit véhiculé par la conduite

Donc les dépenses d'énergie électrique seront :

- $E_t = N * T_{st}$

Avec :  $E_t$  : dépense d'énergie

$T_{st}$  : temps de fonctionnement de la station de pompage (1an)

Les dépenses totales sont :

- $C_t = C_{const} + t * C_{expl}$

$t$  : délai d'amortissement des capitaux investis (4 a 8 ans pour le service A.E.P)

Considérons les dépenses d'exploitation qui sont déterminées par la relation suivante :

- $C_{expl} = R * C_{const} + C_{energie} \dots\dots\dots(4)$

R : décompte d'amortissement et le coût des travaux de réparation en % du coût de la construction de la canalisation

**Tableau 9 La valeur de R en fonction du matériau**

Matériau	Acier	Fonte	Amiante ciment
R%	2.4	2.4	5.5

- Coût d'énergie : représente les dépenses réduites pour la construction et l'exploitation par année

Nous pouvons donc écrire :  $W = \frac{1}{t} Ct = \left( \frac{1}{t} + \frac{R}{100} \right) C_{const} + C_{energie} \dots\dots\dots$

**V.9.7 Evaluation de Cconst :**

Le coût de la construction de la conduite est déterminé à l'aide de l'expression suivante

- $C_{const} = a + b D^\alpha \dots\dots\dots$

Avec : a et b grandeurs dépendant du type de tuyau, de la profondeur de pose et des type de sole

$\alpha$ : coefficient tenant compte du lien : investissement-diamètre

$$C_{const} - a = b D^\alpha$$

$$\log(C_{const} - a) = \log b + \alpha \log D$$

Valeurs de a, b et  $\alpha$  en fonction du type de matériau sont représenté dans le tableau suivant :

**Tableau 10 La valeur de  $\alpha, a, b$  en fonction du matériau**

Tuyau	$\alpha$	a	b
<b>Acier</b>	<b>1.4</b>	<b>53</b>	<b>6.9</b>
Fonte	1.6	107	8.4
A .ciment	1.95	78	11.0
Plastique	1.95	157	9.00

**Evaluation de coût d'énergie électrique :**

- $C_{\text{energie}} = N * T * \sigma * \delta \dots\dots\dots$

N : puissance de la station de pompage (kWh)

T : temps de fonctionnement de la station de pompage

$\sigma$  : Prix de kWh

$\delta$  : Coefficient dépendant de l'irrégularité de la consommation et le régime de travail de la station de pompage

Le coefficient  $\delta$  est donné par la relation suivante :

- $\delta = \frac{1}{K_0 * K_j * K_h} \dots\dots\dots$

$K_0$  : coefficient d'augmentation annuelle de la consommation d'eau :  $K_0=1.03$  a  $1.04$

$K_j$  : coefficient de variation journalière de la consommation :  $1.1$  a  $1.3$

$K_h$  : coefficient de variation horaire de la consommation qui dépend de la courbe de consommation

Si nous tenons compte du régime d'écoulement et du matériau de la canalisation la perte de charge sera donnée par la formule de Darcy. W (I)

$$\Delta H = \frac{K' * L * Q^B}{D^m} \dots\dots\dots$$

Avec : B : exposant tenant compte du régime d'écoulement

m : exposant tenant compte du type de matériau

En injectant cette relation (6''') dans la de puissance (2), nous obtenons

- $N = \frac{10^3 * Q(Hg + \frac{K' * L * Q^B}{D^m})}{10^2 * \eta} \dots\dots\dots$

Tenant compte de la formule (5),(6),(6') et (7) nous obtenons

- $W = 0.01(\frac{1}{t} + R)(a + bD^\alpha) * L + 86 * 10^3 * \frac{K' * L * Q^B}{\eta * D^m} * \delta * \sigma \dots\dots\dots$

En conséquence le diamètre économique est obtenu en dérivant et en annulant  $\frac{\partial N}{\partial D} = 0$

Ce qui nous donne : 
$$D_{econ} = \left( \frac{86 * 10^3 * K' * m * T * \delta}{\alpha * b * \eta \left( \frac{1}{t} + R \right)} \right)^{\left( \frac{1}{\alpha+m} \right)} * Q^{\left( \frac{B+1}{\alpha+m} \right)}$$

**Tableau 11 Les valeurs de K, m et β**

Tuyau	K	m	B
<b>Acier</b>	<b>0,00179 à 0,001735</b>	<b>5,1 à 5,3</b>	<b>1,9 à 2</b>
<b>Fonte</b>	<b>0,00179 à 0,001735</b>	<b>5,1 à 5,3</b>	<b>1,9 à 2</b>
<b>Amiante ciment</b>	<b>0,00118</b>	<b>4,89</b>	<b>1,85</b>
<b>Plastique</b>	<b>0,001052</b>	<b>4,774</b>	<b>1,77</b>

Cette relation est de la forme :

$$D_{econ} = E \left( \frac{1}{\alpha+m} \right) * Q \left( \frac{B+1}{\alpha+m} \right)$$

E : facteur économique incluant les caractéristiques économiques y compris certain exposant hydraulique

$$E = 10 * M * \delta * \sigma$$

M : facteur tenant compte du matériau de la canalisation

**Tableau 12 La valeur de M en fonction du matériau**

Tuyau	M
<b>Acier</b>	<b>0,92</b>
<b>Fonte</b>	<b>0,43</b>
<b>Amiante ciment</b>	<b>0,24</b>
<b>Plastique</b>	<b>0,13</b>

$\sigma$  : Prix de KWh

$\delta$  : Coefficient dépendant de l'irrégularité de la consommation et le régime de travail de la station de pompage

Le coefficient  $\delta$  est donné par la relation suivante :

$$\delta = \frac{1}{K_0 * K_j * K_h}$$

$K_0$  : coefficient d'augmentation annuelle de la consommation d'eau :  $K_0=1.03$  à  $1.04$

$K_j$  : coefficient de variation journalière de la consommation : 1.1 a 1.3

$K_h$  : coefficient de variation horaire de la consommation qui dépend de la courbe de consommation

$$\text{Donc : } \delta = \frac{1}{1.03 * 1.3 * 1.5} = \mathbf{0.497}$$

$$\delta = 0.497$$

Dans notre cas nous avons pris :  $\alpha = 1,4$  ;  $\beta = 2$  ;  $m = 5,3$ .

Ce qui donne :

$$D_{\text{éco}} = E^{0.15} * Q^{0.45}$$

Sachant que le prix d'énergie (d'après SONALGASE) est de :

- 06H au 17H :  $\sigma = 1.34 \text{ DA/KWh}$
- 17H au 21H :  $\sigma = 6.06 \text{ DA/KWh}$
- 21H au 06H :  $\sigma = 0.74 \text{ DA/KWh}$

Est puisque notre pompe ne fonctionne pas de 17H au 21H donc on prend la moyenne des autres période (6H au 17H et 21H au 06H)

$$\sigma = \mathbf{1.07 \text{ kWh}}$$
 on aura :  $E = \mathbf{4.89}$

$$\text{D'où : } D_{\text{éco}} = 1.269 * Q^{0.45}$$

### V.9.8 Hauteur manométrique totale

La hauteur manométrique totale sera calculée de la manière suivante :

$$H_{mt} = H_g + \sum \Delta h$$

$H_g$  : Différence de niveau entre le plan d'aspiration et le plan de refoulement (m) ;

$\sum \Delta h$  : Somme des pertes de charge linéaires et singulières (m).

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

$$\sum \Delta h = 1,1 * \Delta h_p^{lin}$$

$\Delta h_p^{lin}$  : Pertes de charge linéaires (m)

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 * \lambda * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^{5,3}}$$

(Formule de Darcy-Weisbakh)

$g$  : Accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) ;

$Q$  : Débit à refouler (m<sup>3</sup>/s) ;

$L$  : longueur géométrique de la conduite (m) ;

$\lambda$  : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement,

Avec : 
$$\lambda = (1,14 - 0,86 \text{Ln} \frac{\varepsilon}{D})^{-2}$$
 (Formule de Nikuradzé)

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \text{Log} \left( \frac{\varepsilon}{3,7 * D} + \frac{2,51}{R_e * \sqrt{\lambda}} \right)$$
 (Formule Colebrook)

### V.9.9 Remarque :

Dans les calculs introduisant le coefficient  $\lambda$ , ce dernier est estimé par la formule

***Re* : Nombre de Reynolds ;**

$$R_e = \frac{V * D}{\nu}$$

$V$  : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s) ;

$D$  : diamètre de la conduite (m) ;

$\nu$  : viscosité cinématique de l'eau (m<sup>2</sup>/s).

$\varepsilon$  : Rugosité absolue de la conduite ;

### V.9.10 Puissance de pompage

$$P = \frac{g * H_{mt} * Q}{\eta}$$

$P$  : puissance absorbée par la pompe (Kw) ;

$g$  : Accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) ;

$H_{mt}$  : Hauteur manométrique totale (m) ;

$Q$  : Débit à refouler (m<sup>3</sup>/s) ;

$\eta$  : rendement de la station de pompage (70 %).

### V.9.11 Energie consommée par le pompage

L'énergie consommée par la station de pompage le long d'une année est le produit de la puissance de pompage et d'heures de pompage par année.

$$E = P * t * 365$$

E : énergie consommée pendant une année (Kwh) ;

P : puissance de pompage (Kw) ;

t : temps de pompage par jour (h).

### V.9.12 Dépense annuelle de l'énergie

Les dépenses annuelles de l'énergie sont le produit du prix unitaire du Kwh et de l'énergie consommée par année.

$$K = \delta * E$$

K : Dépenses annuelles d'énergie (DA) ;

E : Energie consommée par année (Kw) ;

$\delta$  : Prix du KWh, varie trois fois par jour (voir le tableau N°10)

**Tableau 13 Calcul du diamètre économique dans la conduite de refoulement en PEHD**

<i>Diamètre (mm)</i>	<i>Débit (l/s)</i>	<i>diamètre (mm)</i>	<i>Vitesse (m/s)</i>
<i>Bresse</i>	21.7	220.96	0,57
<i>Bonnin</i>	21.7	147.13	1,27
<i>Munier</i>	21.7	353.542	0,65

**Tableau 14 Calcul du des pertes de charges dans la conduite de refoulement en PEHD**

<i>Diamètre (mm)</i>	<i>Diamètre (mm)</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Débit (l/s)</i>	<i>Vitesse (m/s)</i>	$\lambda$	<i>pdc linéaire</i>	<i>pdc totale</i>	<i>Hg (m)</i>	<i>HMT (m)</i>
315	0,106	150	21.7	0,57	0,012	0.21	0.231	8	8.231
160	0,071	150	21.7	1,27	0,012	1.79	2	8	10
400	0,099	150	21.5	0,65	0,012	0.017	0.019	8	8.02

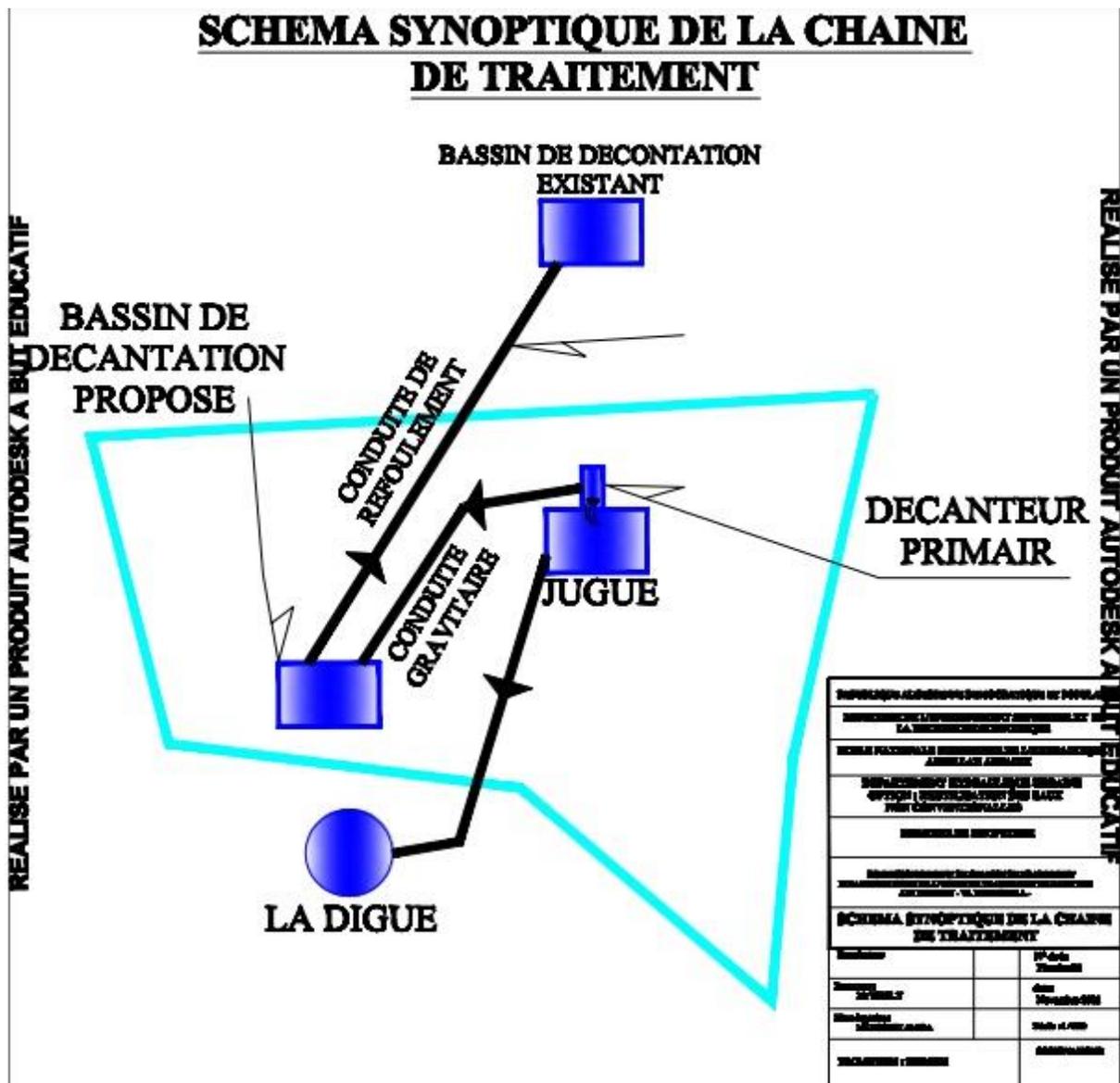
**Tableau 15 Calcul des Frais d'exploitation pour la conduite en PEHD**

<i>Diamètre (mm)</i>	<i>Débit (l/s)</i>	<i>HMT (m)</i>	<i>Puissance (KW)</i>	<i>Prix unitaire (DA)</i>	<i>Consommation annuelle (KWh)</i>	<i>Dépenses annuelles (DA)</i>
<b>315</b>	21.7	8.213	6.5341	3,4	47742	22.2159
<b>160</b>	21.7	10	3.0334	3,4	6709.986	10.315
<b>400</b>	21.7	9.9748	2.438	3,4	5394.361	8.289

**Tableau 16 Calcul des Frais d'amortissement pour la conduite en PEHD**

<i>Diamètre (mm)</i>	<i>Prix du ml (DA)</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Prix total (DA)</i>	<i>Annuité (DA)</i>	<i>Frais d'amortissement (DA)</i>
<b>160</b>	2800	150	420000	0,0888	832944
<b>400</b>	3500	150	1400000	0,0888	1041180

En se basant sur les deux exigences nécessaires techniques et économiques on doit choisir le bon diamètre pour le bon fonctionnement et déroulement du projet .d'après le tableau ci-dessus on a décidé de prendre le diamètre de 160 mm comme choix.



### Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait le dimensionnement de la station de traitement des eaux rejetés après traitement de la barytine de l'usine d'Ain Memoun pour le but de projeter un système de traitement répond aux normes notionnelles.

On n'est pas terminer notre étude sans parler sur le chantier des travaux et l'estimation des quantitatives et financière de projet et ça ce qui va faire dans le chapitre suivant.

# Chapitre 6:

## Organisation de chantier

## VI. Organisation de chantier :

### VI.1 Introduction

L'organisation d'un chantier consiste à prévoir toutes les ressources nécessaires en moyens humains, matériels et matériaux, et demande et impose un rythme de travail pour une bonne utilisation de ses moyens dans le but de rechercher : la rapidité, la qualité et l'économie.

### VI.2 Devis quantitatif et estimatif du projet

L'avant métré est établi avant tout commencement d'exécution pour déterminer le prix de l'ouvrage projeté. Il a pour objectif de faire connaître les quantités applicables à chaque opération élémentaire.

**Tableau 17 Le devis quantitatif et estimatif du projet**

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
<b>Décanteur primaire</b>					
	<i>Terrassement</i>				
01	déblai	m3	9	450	4050
	<i>génie civil</i>				
02	béton de propreté	m3	1,8	12600	22680
<b>Bassin de décantation</b>					
	<i>Terrassement</i>				
01	déblai	m3	93	450	41850
	<i>génie civil</i>				
02	béton de propreté	m3	18,6	12600	234360
03	béton armé dosé à 350kg/m3	m3	5,7	28000	159600
<b>Les deux conduites</b>					
	<i>Terrassement</i>				
01	Déblai	m3	151,74	450	68283
<b>Montant HT</b>					<b>530823</b>
<b>TVA 19%</b>					<b>100856</b>
<b>Total TTC</b>					<b>631679</b>

↪ Le devis de projet est estimé à : Six Cent Trente Un Mille et Six Cent soixante dix-neuf Dinars Algérien.

### **VI.3 Installation du chantier :**

Les chantiers importants nécessitent l'installation de zones de vie du chantier pour organiser le déroulement de chantier et ordonner ce dernier ainsi que positionner les éléments.

### **VI.4 Installations destinées au personnel**

Ce sont généralement les dortoirs, réfectoires, installation sanitaires et les bureaux de chantier.

### **VI.5 Installations destinées au stockage des matériaux**

Pour les ciments nous utilisons soit des silos, soit des baraquements en bois ou en métal, les agrégats sont stockés en plein air, seulement nous prévoyons un cloisonnement entre les différents types d'agrégats pour éviter le mélange et de ce fait faciliter le dosage du béton.

Les aciers doivent être stockés dans des loin de la forte humidité (baraquements, hangars ...).

### **VI.6 Installation destinées à la réception des engins**

Les grosses reparitions ne se font généralement pas sur le chantier lui-même, mais il importe de disposer d'un atelier suffisamment bien équipé pour assurer l'entretien courant et les reparitions d'urgence des différents matériels.

### **VI.7 La préfabrication**

Ce sont généralement des hangars munis de matériel nécessaire permettent la réalisation des éléments de l'ouvrage.

### **VI.8 Succession des opérations du chantier**

#### **a) Travaux préparatoires :**

Aménagement des pistes de circulation des engins et des aires de stockage de matériaux de construction.

#### **b) Exécution de l'ouvrage ;**

- Le piquetage d'implantation pour le terrassement
- L'exécution des déblais et remblais
- L'exécution de bassin de décantation et le bassin primaire en béton.
- L'exécution des deux conduites.

## VI.9 Technologie des principaux travaux

Il faut prévoir une route d'accès à tous les ouvrages pendant la construction, les engins utilisés sont :

- Pour l'exécution des déblais et des remblais nous utilisons des Bulldozers



**Figure 23 Bulldozers**

- Pour l'extraction des alluvions nous utilisons des pelles rétro



**Figure 24 Pelle rétro**

- Pour le transport des terres nous utilisons des camions à benne



**Figure 25 Camion**

Pour les travaux de finition (réglage et compactage) nous utilisons des niveleuses et des compacteurs.



**Figure 26 Niveleuse**



**Figure 27 Compacteur**

## **VI.10 Planification :**

### **VI.10.1 Définition :**

La planification c'est une opération très important pour la bonne façon d'utiliser la main d'œuvre et les autres moyens dans le chantier, elle consiste :

- L'installation des postes de travail
- L'observation instantanée
- L'analyse des taches
- Le chronométrage
- La définition des objets et des attributions
- La simplification des méthodes
- La stabilisation des postes de travail

### **VI.10.2 Techniques de la planification**

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir :

- Méthodes basées sur le réseau
- Méthodes basées sur le graphique

#### **VI.10.2.1 Méthodes basées sur le réseau**

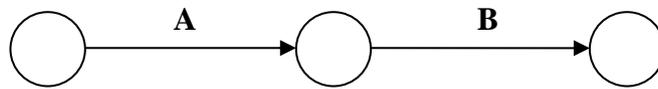
##### **VI.10.2.1.1 Définition du réseau :**

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la

relation entre les différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et la durée de réalisation. On distingue deux types de réseau :

- **Réseau à flèches**

L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



L'opération A précède l'opération B.

- **Réseau à nœuds**

L'opération est représentée par un nœud et la succession des opérations par des flèches



L'opération B ne peut commencer que si l'opération A est complètement achevée.

#### **VI.10.2.1.2 Construction du réseau :**

Pour construire un réseau, il convient d'effectuer les six (6) opérations suivantes :

**a- Etablissement d'une liste des tâches**

Il s'agit dans cette première phase de procéder à un inventaire très précis et détaillé de toutes les opérations indispensables à la réalisation d'un projet.

**b- Détermination des tâches antérieures**

Après avoir dressé la liste des tâches à effectuer, il n'est pas toujours facile de construire un réseau car il n'est pas aisé de dire si les tâches antérieures doivent être successives ou convergentes.

**c- Construire des graphes partiels**

**d- Regroupement des graphes partiels**

**e- Détermination des tâches de début de l'ouvrage et de fin de l'ouvrage**

**f- Construction du réseau**

## **VI.10.2.2 Méthodes basées sur le graphique**

### **VI.10.2.2.1 Méthodes linéaire (ligne of balance technique) :**

Cette méthode est destinée à la planification des projets de construction dont les travaux son répétitifs.

### **VI.10.2.2.2 Méthode à barres**

Cette technique consiste à déterminer deux réseaux et un diagramme à barres (plan de travail).

## **VI.10.3 Les étapes de la planification**

La planification est le processus de la ligne de conduite des travaux à réaliser, elle comprend des étapes suivantes :

### **✓ Collection des informations**

L'établissement d'une synthèse d'analyse des informations acquises par des études comparatives permet l'usage correct du plan de réalisation du projet.

### **✓ Décomposition du projet**

C'est une partie importante car chaque projet peut être analysé de diverses manières. Nous attribuons ç chaque tache un responsable et ses besoins e matériels.

### **✓ Relation entre les taches**

Il existe deux relations essentielles entre les taches lors de la réalisation. L'une porte sur un enchaînement logique et l'autre sur un enchaînement préférentiel.

## **VI.10.4 Estimation des durées**

L'estimation de la durée des taches ne se fait que lorsque les taches ont été analysées. L'opération d'estimation des durées a un impact important sur la qualité du planning final et elle doit être conduite dans le respect de principes rigoureux sur préalable, il faut faire admettre les hypothèses suivantes qui simplifient l'estimation :

- **Toutes les taches se réaliseront, dans des conditions normales**

Cette hypothèses consiste à estimer les durées des taches sans présupposer une quelconque "criticité" ou pression particulière sur les délais. Ce sont les conditions habituelles de travail qui doivent servir d'étalon à l'estimation des durées. Cela suppose aussi que chaque durée de tache est estimée sans qu'on se soucie de toutes les perturbations imaginables qui pourraient en déranger le bon déroulement. Par contre, "conditions

normales’’ veut bien dire que l’environnement dans lequel la tâche se déroulera de façon tout-à-fait prévisible est bien pris en compte

- **Chaque tâche se réalisera avec les moyens habituels**

Cela signifie que la durée de la tâche est estimée sur la base des moyens habituellement affectés à ce type de tâche (qualité et quantité). Donc ne pas faire de supposition sur toute mise en œuvre de moyens exceptionnels que la criticité de la tâche pourrait justifier.

- **Les moyens nécessaires à l’ensemble des tâches sont infinis**

Elle résulte tout simplement de la considération que chaque tâche est estimée en durée sans qu’on puisse à ce stade savoir si les moyens à y affecter seront indispensables puisque déjà affectés à une autre tâche. Et par voie de conséquence, supposer que chaque tâche disposera des moyens nécessaires revient à considérer provisoirement qu’ils sont illimités.

#### **VI.10.5 Choix de la méthode de calcul**

Le choix de la méthode de calcul repose essentiellement sur le type d’ouvrage construire. Il est préférable dans le cas où les opérations se suivent comme dans notre cas d’opter pour la méthode C.P.M.

#### **VI.10.6 Les paramètres de la méthode C.P.M**

Les paramètres indispensables dans l’exécution de cette méthode sont les suivants :

<b>DCP</b>	<b>TR</b>
<b>DFP</b>	<b>DCPP</b>
<b>DFPP</b>	<b>MT</b>

Avec :

TR : temps de réalisation.

DCP : date de commencement au plus tôt.

DCPP : date de commencement au plus tard.

DFP : date de finition au plus tôt.

DFPP : date de finition au plus tard.

MT : marge totale.

$$\text{ET : } \begin{cases} DFP = DCP + TR \\ DCPP = DFPP - TR \end{cases}$$

### VI.10.7 Chemin critique (C.C)

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (0).

Donc, pour retrouver un chemin critique il suffit de vérifier la double condition suivante :

$$C.C \Leftrightarrow \begin{cases} MT = 0 \\ \sum TR_{C.C} = D.T.P \end{cases}$$

#### VI.10.7.1 Le diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt, couramment utilisé en gestion de projet, est l'un des outils les plus efficaces pour représenter visuellement l'état d'avancement des différentes activités (taches) qui constituent un projet. La colonne de gauche du diagramme énumère toutes les taches à effectuer, tandis que la ligne d'en-tête représente les unités de temps les plus adaptées au projet (projet, semaines, mois etc.). Chaque tache est matérialisée par une barre horizontale, dont la position et la longueur représentent la date de début, la durée et la date de fin. Ce diagramme permet donc de visualiser d'un seul coup d'œil :

- Les différentes taches à envisager
- La date de début et la date de fin de chaque tache.
- La durée escomptée de chaque tache.
- Le chevauchement éventuel des taches, et la durée de ce chevauchement.
- La date de début et la date de fin du projet dans son ensemble

En résumé, un diagramme de Gantt répertorie toutes les taches à accomplir pour mener le projet à bien, et indiquer la date à laquelle ces taches doivent être effectuées (le planning).

### VI.10.8 Elaboration du réseau selon la méthode CPM

La méthode du CPM est une méthode de planification, elle a pour objectif de réduire le temps et le coût de réalisation de projet et augmenter le rendement du travail. Pour la construction du réseau il faut d'abord établir les différentes tâches des travaux. Ces derniers sont reportés dans les tableaux suivants :

Les travaux	Opération	Durée (jours)
Déblai	A	10
Remblai	B	5
Compactage	C	3
Lit de béton de propreté	D	7
Bétonnage	E	15
Travaux de finition	F	11

↪ **La durée totale de notre projet est : 1 Mois et 13 Jours.**

### **VI.11 Conclusion**

L'organisation de chantier est nécessaire avant le commencement des travaux, elle nous permet de définir tous les volumes des travaux nécessaires pour l'élaboration du chantier. D'autre part on peut avoir une information sur le cout total de projet ainsi que leur temps de réalisation. L'organisation de chantier définit aussi tous les engins que l'on peut utiliser dans le chantier et le choix final des engins seront basés sur une étude économique.

# Conclusion Générale

## Conclusion General :

Les mineurs travaillent souvent dans des régions sèches et éloignées, où les problèmes environnementaux rendent l'approvisionnement en eau, l'utilisation et l'élimination particulièrement problématiques. Avec les mines de roche dure en particulier en utilisant l'eau dans toutes les étapes du processus minier, de la production d'eau potable, l'équipement de refroidissement, la séparation des déchets de minéraux précieux à la lutte contre la poussière, le travail avec de si grands volumes d'eau présente une variété de risques.

Les applications de traitement de l'eau minière comprennent le traitement de l'eau potable pour les sites miniers, le traitement de l'eau de procédé, la récupération des produits, le recyclage des systèmes de traitement de l'eau, la gestion des résidus et une variété d'autres technologies de traitement

Afin de se conformer à la réglementation et de s'assurer que la qualité de l'eau quittant les sites miniers n'affecte pas négativement les utilisateurs d'eau en aval, les sociétés minières élaborent des plans de gestion de l'eau afin de minimiser les risques de contamination de l'eau et d'empêcher le rejet d'eau polluée dans l'environnement. La qualité de la surface et des eaux souterraines environnantes est surveillée, et un certain nombre de processus de traitement peuvent être utilisés pour s'assurer que l'eau des mines respecte les normes réglementaires avant d'être rejetée.

D'après notre étude on a amélioré la qualité de l'eau réutilisé au niveau de l'usine ENOF Ain Mimoun par un dimensionnement de chaîne de traitement dans le but d'augmenter la qualité de minerais traités et la protection des matériaux hydrauliques.

Nous recommandons de faire des analyses complètes d'eau de l'eau soit d'eau rejeté pour bien choisir la chaîne de traitement.

## Références

RODIER J. (2009). Analyse de l'eau, 9ème édition. Dunod, Paris, 1579p.

LAZAROVA V et al. (2003).intérêt et la réutilisation des eaux usées.

Environnement Canada, (2009).

gestion des résidus et stérile des activités minières, commission européenne (janvier 2009).

Barytes, A., P. Huxtable (2002). "Barytes BAT note".

<https://dmi65.com/fr/solutions/leau-miniére/>

[http://www.xinhaimininggroup.com/product\\_7\\_26.html](http://www.xinhaimininggroup.com/product_7_26.html)

<https://fr.genesiswatertech.com/blog-post/mining-wastewater-treatment-overall-guide-introduction/>

<https://www.mabarex.com/fr/secteurs/minier>

KERROUM, A.MELLAH « Plan d'exploitation du gisement de baryte de djebel Ichemoul », Mémoire Master en Mines université Abderrahmane Mira de Bejaïa (2017).

F.BALADAH « REVALORISATION DES REJETS BARYTIQUES ISSUES DES JIGS ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL: CAS DE LA MINE D'AIN MIMOUNE/KHENCHLA », Mémoire Magister en mines université BADJI MOKHTAR ANNABA(2012).

T.BATOUICHE, I.ABBASSI « Calcul qualitatif quantitatif d'un nouveau schéma de traitement du minerai barytique de Ain Mimoun

KHENCHELA », Mémoire Master en mines université larbi tebessi –Tébessa (2015).

H. ZOUAOUI, A. ROUMMANI « Etude d'influences des impuretés sur la qualité de la baryte, cas de la mine d'Ain Mimoun-Khenchela », Mémoire Master en Mines larbi tebessi – Tébessa (2016).

P.I. Pilov, O.V. Petrova « PROCÉDÉS ET MACHINES DE TRAITEMENT DES MINÉRAUX UTILES », université national des mines (2013)