



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE  
ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ LARBI TEBESSI – TÉBESSA  
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES MINES



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Génie minier

Option : minéralurgie

Thème

### RECUPERATION ET TRAITEMENT DES REJETS DU MINERAI BARYTIQUE DE BOUCAÏD-TISSEMSSILET

Par

HAMDI.Abdelnasser et SERGMA.Abderrahmen

**Devant le jury composé de :**

Mr.KRIM.M	MAA	Université Larbi Tebessi	Président
Mr.AMIRECH.A	MAA	Université Larbi Tebessi	Encadreur
Mr.AOUATI.M.S	MAA	Université Larbi Tebessi	Examineur

Année Universitaire 2016/2017



Année universitaire : 2016-2017 Tébessa le : 07-06-2017

## Lettre de soutenabilité

**Nom et prénom des étudiants :**

- 1- HAMDI.Abdelnasser
- 2- SERGMA.Abderrahmen

**Niveau :** 2<sup>ème</sup> Année Master

**Option :** Minéralurgie

**Thème :** Récupération et traitement des rejets du minerai barytique de boucaïd- Tissemsilet

**Nom et prénom du promoteur :** AMIRECH.Abdelkrim

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre 01 : Géologie et Exploitation	
Chapitre 02 : Recherche Bibliographique	
Chapitre 03 : Calcul du schéma de traitement proposé	

*Au nom du dieu le clément le miséricordieux*

## *Remerciement*

*Avant tout nous remercions **DIEU** qui nous a donné la patience de terminer ce travail.*

*Nous tiendrons à remercier grandement les êtres les plus chères au monde : nos mères et pères qui ne cessent de nous prodiguer des conseils pour nous incruster l'idée : que les études sont les seules clé de réussite dans la vie.*

*Nous tenons grand merci à **Mr AMIRECH.Abdelkrim** pour les efforts faisaiet durant l'année universitaire, et pour leurs conseils précieux.*

*Nous remercions tous les enseignants de département de Génie Minier et spécialement les enseignants de **LA MINERALURGIE**.*

*Nous adressons notre vif remerciement à tous les personnels de la mine de BouCaïd- Tissemsilt.*

*Enfin nous tenons à remercier tous ceux ou celles qui ont eu l'honneur, de près ou de loin, à nous aider à présenter ce travail.*

***ABDERRAHMEN et ABDELNASSER***



# Dédicaces

*Au nom du dieu le clément le miséricordieux*

*Je dédie ce travail :*

✚ *A celle qui ma donnée la vie et que ma vie n'est rien sans elle, à ma tendre mère, qui m'a soutenu d'amour et de bonheur ; tout ce que je suis, je le doit à elle.*

✚ *A mes chères sœurs.*

✚ *Et à mes adorables frères.*

✚ *Toute la famille SERGMA.*

✚ *A tous mes amis les étudiants "adrarienne" dans  
Tébessa*

✚ *À tous ce qui ont enseigné moi le long de ma vie  
scolaire*

**SERGMA ABDERRAHMEN**





# DEDICACE DEDICACE

*Ce modeste travail est le fruit de plusieurs années de labeurs et de sacrifices sans relâches ; Je le dédie à :*

*A ma chère mère et mon cher père  
La grande dédicace à mes sœurs.*

*A tous mes frères, qui ont toujours à mes côtés aux moments où je les  
besoins.*

*A toute ma famille et tous mes proches.*

*A mes chers amis qui ont contribué massivement à la réussite de ma vie  
estudiantine et qui ont été ma deuxième famille et qui m'ont aidé  
pendant mon cursus universel.*

*HAMDI Abdelnasser*



The logo of the University of Tébessa is a stylized emblem. It features a central vertical element resembling a sunburst or a stylized 'U' with radiating lines. This central element is flanked by two large, symmetrical, blocky shapes that resemble the letters 'T' and 'B'. Below the central element is a stylized open book with curved pages. The entire emblem is rendered in a light gray color.

# Résumé

UNIVERSITE DE TEBESSA

## Résumé

### ❖ ملخص

إستعمال النفط والغاز يتطلب إستخدام الطين الثقيلة التي تتكون من حوالي 40% من البارييت أثناء عملية الحفري يتطلب نسبة 80 الى 85% من سولفات الباريوم  $BaSO_4$ .

هدفنا هو اسنخراج اقصى حد من معدن البارييت المطروح في النفايات الناتجة عن عملية معالجته بمنجم بوقايد ولاية تيسمسيلت وهذا باستخدام طريقة التعويم التي تمكننا من انتزاع الشوائب المتمثلة في الحجر الكلسي والطين.

ومن خلال اختيار مخطط التعويم لنفايات البارييت باستعمال الحسابات التكنولوجية والرياضية التي تهدف اساسا الى زيادة جودة المنتج النهائي لتتوافق مع متطلبات السوق خاصة استعماله في مجال المحروقات.

الكلمات المفتاحية : البارييت – التعويم – التثمين – منجم بوقايد - سولفات الباريوم  $BaSO_4$ .

### ❖ Résumé

L'exploitation des hydrocarbures exige l'utilisation des boues denses qui sont constituées d'environ 40% de la barytine lors des opérations de forage sachant que exige une teneur en  $BaSO_4$  varier du 80 - 85%.

Notre objectif consiste à enrichir la barytine qui resté dans les rejets et qui résultat après l'opération de l'enrichissement de la mine de Bou-Caïd à Tissemsilt. et ça, en utilisant la méthode de flottation dans le but de réduire un certain pourcentage de calcaire et d'argile qui présente sous forme de gangue, à travers de choix de schéma de flottation du rejets barytique avec l'utilisation les calcule technologique et mathématique qui sont objectif principale l'augmentation de qualité du produit fini pour qu'il soit conforme aux exigences du marché surtout la domaine des hydrocarbures.

# Sommaire



UNIVERSITE DE TEBESSA

# Sommaire

---

## Chapitre I :Géologie et exploitation

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>I.Historique.....</b>	<b>2</b>
<b>II.Situation géographique .....</b>	<b>3</b>
II.1. Présentation générale de l'unité.....	3
<b>III. Géologie du gisement .....</b>	<b>4</b>
<b>IV .Composition mineralogique.....</b>	<b>4</b>
IV.1. Genèse de la minéralisation.....	4
IV.2. Tectonique .....	5
IV.3. Genèse de la minéralisation.....	5
IV.4. La morphologie du gisement.....	5
<b>V.Type de minéralisation .....</b>	<b>6</b>
V.1.Caractère particulier morphologique .....	6
V.2.Caractères de chaque corps de minerai.....	6
V .2.1. Gisement Sidi- Bel Abbès (Filon Sidi Djbar) .....	6
V .2.2. Gisement Lakhdar (Corps Lakhdar Inférieur).....	6
<b>VI. Etat des réserves .....</b>	<b>6</b>
VI.1. Les réserves de la barytine au niveau national .....	6
<b>VI.2. Les réserves de la barytine au niveau mondial .....</b>	<b>7</b>
<b>VII. La production de la barytine .....</b>	<b>8</b>
VII.1. Au niveau national .....	8
VII.2. Au niveau mondial.....	8
<b>VIII. La Consommation De La Barytine .....</b>	<b>9</b>
VIII.1 Au niveau national.....	9
VIII.2. Au niveau mondial .....	9
<b>IX. Les prix de barytine.....</b>	<b>9</b>
<b>X. Domaines d'utilisations de la barytine.....</b>	<b>10</b>
X. 1. Au niveau national.....	10
X.2 .Au niveau mondial.....	10
X.2.A. La barytine dans l'industrie pétrolière.....	10

# Sommaire

---

X.2. B. La barytine dans l'industrie chimique .....	11
X.2. C . La barytine comme charge minérale.....	12
<b>XI. Techniques d'exploitations utilisées à Bou caïd.....</b>	<b>14</b>
XI.1. Conditions générales des gisements.....	14
XI.2. .Les méthodes d'exploitation .....	14
XI.3. Les caractéristiques des gisements et leurs modes d'exploitations.....	17
XI.4. Chargement et transport .....	19
<b>Conclusion : .....</b>	<b>21</b>

## Chapitre II : Recherche bibliographique

<b>I.Méthodes de traitement du minerai baryte .....</b>	<b>22</b>
I.1 Au niveau national .....	22
I.2 Au niveau mondial .....	27
<b>II .Caracteristiques des defirents mineraux pourteurs de la baryte .....</b>	<b>30</b>
II.1 La baryte ( BaSo4 ).....	30
II.1.A. Caractéristiques physico-chimiques de (BaSO4 ).....	30
II.2. Le quartz( SiO2) .....	32
II.3. La calcite (CaCo3).....	32
II.4. Les Hématites (Fe2O3) .....	32
II.5. La malachite et l'azurite (Cu2Co3(OH)2 ) .....	32
II.6. La Galène ( PbS ) .....	32
II.7. Le diopside (CuSiO3, H2O).....	32
II.8. La chalcopirite (CuFeS2 ).....	32
II.9. La sphalérite (ZnS) .....	33
II.10. Le cinabre (HgS).....	33
<b>III. Méthodes de traitement des rejets barytiques.....</b>	<b>33</b>
III.1. Séparation magnétique .....	33
III.2. Concentration gravimétrique .....	34
III.2.1. Les mécanismes de séparation gravimétrique .....	35
III.2.1.A .Mécanisme par milieu dense .....	35

# Sommaire

---

III.2.1.B. mécanisme par pulsation et stratification .....	35
III.2.1.C. Mécanisme par nappe pelliculaire fluente .....	36
III.2.1.D. Mécanisme par action de secousses .....	37
III.3. Concentration par flottation .....	39
<b>IV. Influence des éléments nuisibles composant le minerai barytique sur l'environnement..</b>	<b>42</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>43</b>

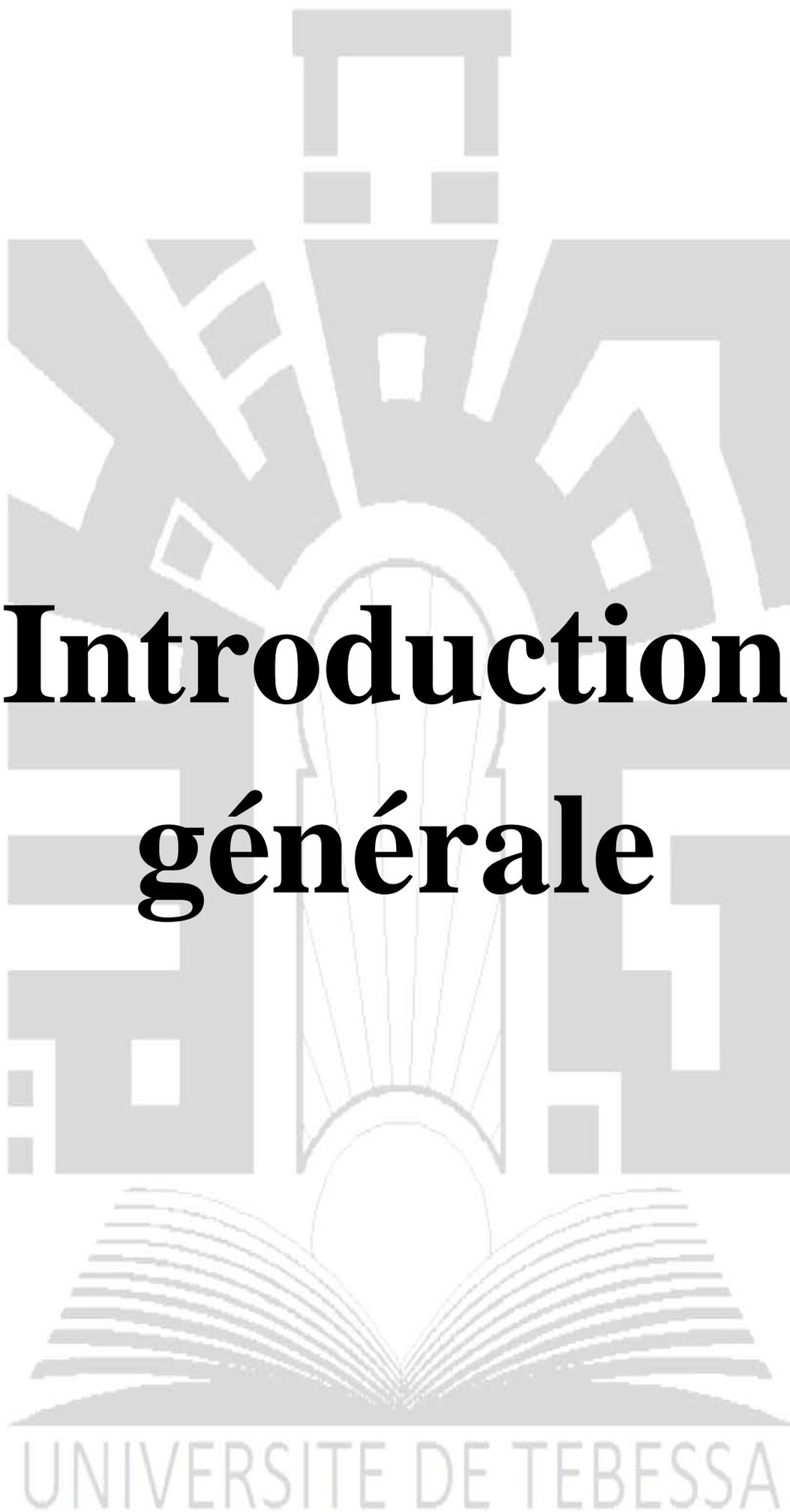
## **Chapitre III : calcul de schéma de traitement proposé**

<b>Introduction.....</b>	<b>44</b>
<b>I. Calcul du schéma de broyage et de classification.....</b>	<b>45</b>
I.1. Calcul de broyage .....	45
I.2. Calcul des classificateurs .....	50
<b>II. Généralités sur la flottation .....</b>	<b>52</b>
II.2. L'efficacité de la flottation.....	53
II.3. Grosseurs des minerais à flottés .....	54
II.4. La densité de la pulpe .....	54
II.5. Régime des réactifs de flottation .....	55
II.5. Intensité d'aéragage et d'agitation de la pulpe.....	55
II.6. Intensité de déchargement de la mousse.....	55
II.7. Température de la pulpe .....	55
II.8. Durée de la flottation .....	56
II.9. Réactifs de flottation.....	56
II.9.1. Moussants .....	56
II.9.2. Déprimants .....	57
II.9.3. Collecteurs .....	57
II.9.4. Activants .....	57
II.9.5. Régulateurs du milieu .....	58
II.10. Le débit de la pulpe .....	58
<b>III. L'épaississement .....</b>	<b>59</b>
<b>IV. Filtration.....</b>	<b>59</b>
<b>V. Calcul du schéma de flottation.....</b>	<b>61</b>

# Sommaire

---

V.1. Détermination des teneurs et rendements de tous les produits.....	62
V.2. Calcul de la teneur.....	63
V.3. Calcul des coefficients d'extraction( $\epsilon$ ).....	64
V.4. Calcul du débit de chaque produit.....	66
<b>VI. Calcul de schéma de circulation des eaux .....</b>	<b>70</b>
VI.1. Opération I : le Broyage.....	71
VI.2. Opération II: La Classification.....	71
VI.3. Opération III : La Flottation Principale.....	72
VI.4. Opération IV: La Flottation relaveuse I.....	72
VI.5. Opération V : La Flottation relaveuse II.....	73
VI.6. Opération VI : La Flottation de contrôle I.....	73
VI.7. Operation VII : L'épaississement.....	73
VI.8. Opération VIII : La Filtration.....	74
<b>Conclusion .....</b>	<b>75</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>76</b>
Références bibliographique	
Annexes	

The background features a large, light gray watermark of the University of Tébessa logo. The logo consists of a central sunburst with rays emanating from a semi-circle at the bottom. Above the sunburst is a stylized building with a central tower and two side wings. Below the sunburst is an open book with pages fanning out. At the very bottom of the watermark is the text 'UNIVERSITE DE TEBESSA'.

# **Introduction générale**

UNIVERSITE DE TEBESSA

## Introduction Générale

---

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 et exige la qualité du minerai ayant une teneur de 80 à 85%, 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, alors que dans l'industrie automobile, la barytine entre dans la fabrication des bétons denses utilisés dans la construction de ports ou de terminaux pétroliers. Ce type de béton est également employé comme contrepoids de ponts, stabilisateur de conduits sous-marins, ballast de bateaux et barrière de protection contre d'éventuelles radiations. Il sert aussi dans la construction de laboratoires, de centrales nucléaires et de bases militaires atomique.

Cette recherche a été divisée en trois chapitres principaux sachant que le premier chapitre traite de la géologie et exploitation à L'unité de BouCaïd. et le deuxième chapitre inclus traitement et caractéristique minerai baryte à L'unité de BouCaïd et finalement le troisième chapitre il comprend des solutions proposées pour le meilleur résultat.

A L'unité de BouCaïd, On obtient le concentré de baryte ayant une teneur 80 à 85% en  $BaSO_4$ , qui acceptable comme boue de forage pétrolière, mais elle est faible pour d'autre industrie qui exigé la qualité de ce minerai ayant la teneur en  $BaSO_4$  est supérieur à 95%.

Alors, à l'unité ils sont obligé d'avoir cette qualité pour l'exigence de consommateur, mais de passé le concentré plusieurs fois dans le cycle de jigage, donc il y a une perte de ce minerai et le efficacité des équipement diminue selon l'usure des pièces qui sera rapide et sa durée de vie diminue.

Les rejets ayant une teneur moyenne de 45% en  $BaSO_4$ , on comparaison aux traitement mondiale qui ne le dépassé les 10% donc on peut dire que notre minerai est riche en baryte.

Le but essentiel de ce travail est l'élaboration d'un nouveau schéma de traitement du rejet barytique de BouCaïd pour améliorer leur qualité. pour un maximum d'extraction de la substance utile, Compte tenu de son importance économique.



# **Chapitre I**

## **Géologie et Exploitation**

UNIVERSITE DE TEBESSA

## Introduction

La Baryte est un de ces minéraux intensivement exploités qui fit la richesse de la région de par ses applications très diverses.

Elle reçut son nom à cause de son poids très élevé, baryte vient du grec "*barys*" = lourd. Sa densité élevée est proche de celle de certains minerais de fer ou de plomb, tels l'hématite ou la galène. [01]

Ou trouve la baryte en abondance dans les filons. elle est considérée comme une gangue sans valeur, bien que dès le Moyen Age, les alchimistes s'y soient intéressés. L'alchimiste et maître cordonnier italien Vincenzo Cascariolo, de Bologne, au cours de ses expériences de 1630 chauffa de la baryte parmi d'autres minéraux et constata que, sous l'action de la chaleur, elle rayonnait dans l'obscurité. C'est ainsi que fut découverte la luminescence, phénomène bien connu de nos jours, mais qui, à l'époque, provoqua un grand émoi. Cascariolo avait fait ses expériences avec des agrégats sphériques de baryte de la région de Bologne et pendant longtemps, les savants de l'époque la nommèrent "boule lumineuse de Bologne". Ce n'est que bien plus tard que l'on fit une étude sérieuses de cette boule et qu'on se rendit compte que ces agrégats étaient les mêmes que ceux qu'on trouvait depuis longtemps dans les filons. [01]

## I. Historique

La mise en exploitation du gisement de Bou Caïd date de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle pour les poly métaux (Pb-Zn), qui a connu son apogée dans les 1940 suite aux études réalisées par le géologue français M. Formmel, la deuxième période a démarré avec la nationalisation des mines en 1966 et la continuité en matière d'exploitation des poly métaux, parallèlement la SONAREM a entamé les travaux de prospection à partir de 1967 qui consistent dans les études et la reconnaissance systématique du gisement. En 1975, lors des travaux de levé géologique au 1/5000 du gîte de Sidi Bel Abbes, il y a eu la découverte d'une puissante structure barytisée de 850 mètres de longueur. Cette dernière a fait l'objet de travaux de prospection et d'évaluation de 1977 à 1981. L'exploitation et le traitement de la baryte a commencé en 1976. [01]

Parallèlement aux travaux d'évaluation du gîte de Sidi Bel Abbes, la prospection a été lancée sur les sites de Sidi Ouaddah, sur les flancs oriental et occidental du gîte Nord (Massif d'Abdelkader) et sur le flanc occidental du massif de Belkheiret.

En 1976, les sites de l'Ain et le Nord furent transmis à la mine de Bou Caïd dont les réserves sont de 50 000 tonnes pour le premier et 10 000 tonnes pour le second.

Durant la période 1978 à 1982, quatre sites ont été évalués et sont passés à l'exploitation à savoir : Ammal, Rasfa, Grand Pic et Nord.

Il est à noter que 90% des travaux ont été réalisés sur le site de Sidi Bel Abbès.

Pour les autres sites les travaux de recherche réalisés sont insignifiants. [01]

## II. Situation géographique [01]

L'unité de BouCaïd est située à 70 Km au Nord Est du chef lieu de la wilaya de Tissemsilt, à 250 Km Au Sud Ouest de la capitale d'Alger et 900 Km de Hassi Messaoud.

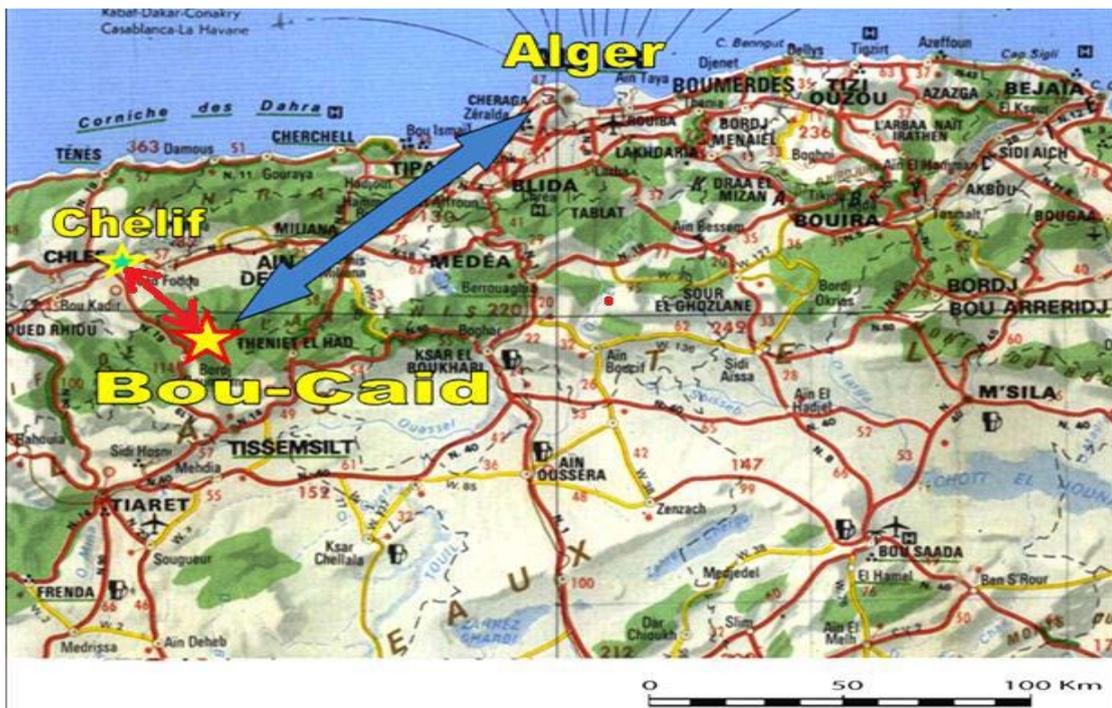


Figure I.01 : Localisation Géographique du gisement de BouCaïd

(Sur la carte touristique d'Algérie). [01]

### II.1. Présentation générale de l'unité

La baryte est fabriquée par la Société des Mines de Baryte d'Algérie SOMIBAR. SOMIBAR est une filiale du groupe ENOF. [02]

La filiale SOMIBAR a trois unités de production :

- Ain-Mimoun dans la wilaya de Khenchela.

- Mellal dans la wilaya de Tlemcen
- Bou-Caïd dans la wilaya de Tissemsilt qui est l'objet de notre étude.

### III. Géologie du gisement

Les gisements les plus importants de la mine de Bou-caïd sont :

- Gisement Sidi Bellabes
- Gisement NORD
- Gisement Lakhdar

L'Ouarsenis constituant des roches sédimentaires jurassiques qui affleurent sous formes des massifs isolés parmi les terrains crétacés. Les massifs de cette genèse sont connus sur le territoire de la région dont la superficie est de 25 à 30 Km<sup>2</sup>. [01]

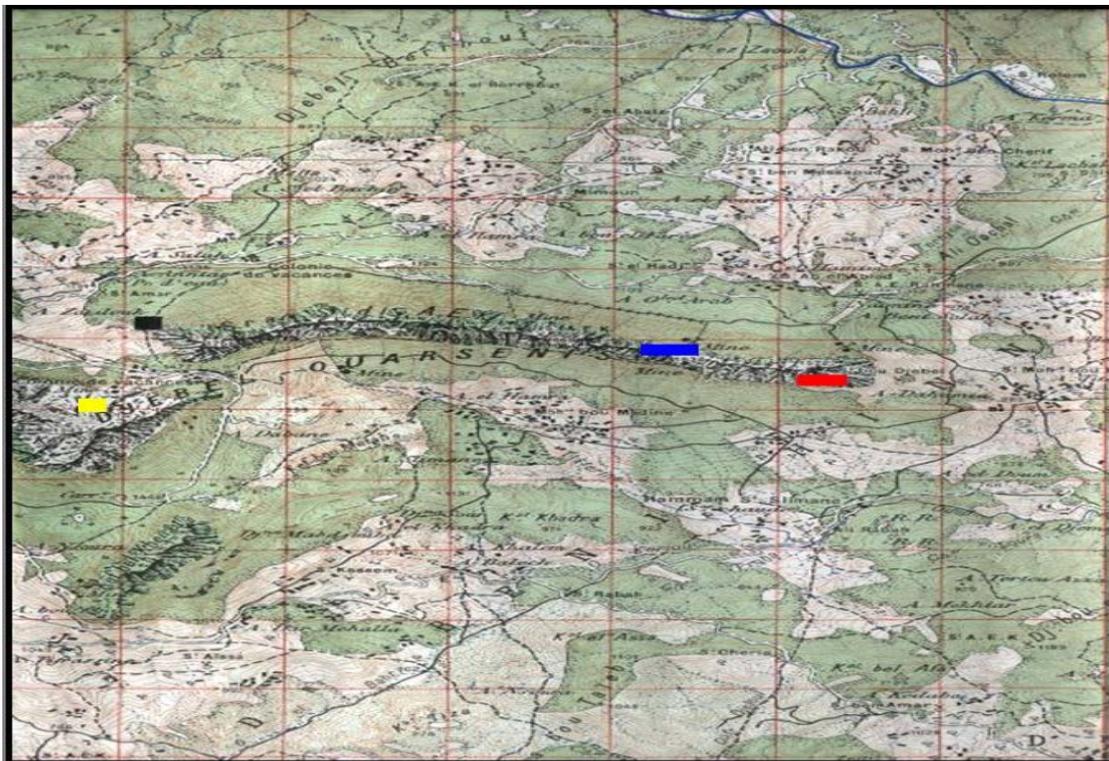


Figure I.02 : Carte géologique du gisement à BouCaïd [01]

## IV. Composition minéralogique

### IV.1. Genèse de la minéralisation

Les gîtes métallifères de l'Ouarsenis sont surtout Zincifères et deviennent du type B.G.P. en profondeur, la présence de fluorine dans la gangue, ainsi que des autres caractères conduisent à ranger la minéralisation dans la catégorie méso thermique. [01]

## **IV.2. Tectonique**

La tectonique ayant affectée intensément le massif de l'Ouarsenis est à l'origine des déplacements des nappes.

Il en résulte un anticlinorium à ennoyage vers le Nord-est constituant ainsi l'ossature du massif montagneux, et un flanc inverse l'anticlinal couché au sud remplissant l'aire synclinale.

Ceci ayant été à l'origine de nombreux accidents tectoniques affectant les différentes masses calcaires beaucoup plus favorables à la cassure que les terrains plus souples des pays environnants, leurs donnant ainsi un aspect plus complexe et écaillé, caractérisant chacune des grandes masses calcaires. [01]

## **IV.3. Genèse de la minéralisation**

Les gîtes métallifères de l'Ouarsenis sont deviennent du type B.G.P. en profondeur, la présence de fluorine dans la gangue, ainsi que d'autres caractères conduisent à ranger la minéralisation dans la catégorie méso thermique. [01]

## **IV.4. La morphologie du gisement**

La morphologie du gisement de l'Ouarsenis est conditionnée par les accidents tectoniques qui subit les terrains il se présente généralement sous deux formes possibles:

### **a)- Les filons :**

Le corps minéralisé qui a naturellement trois dimensions se caractérise par l'importance de l'une de ces dimensions.

La mine de BOUCAID est caractérisée par les filons suivants : (filon Sidi Djbar, filon Nord)

### **b)-Les amas :**

Dans ce cas les trois dimensions du corps minéralisé sont presque les même, on l'appelle aussi 'corps' (corps LAKHDAR).

## **V. Type de minéralisation**

### **V.1. Caractère particulier morphologique**

La morphologie des gisements de l'Ouarsenis est conditionnée par les accidents donnant des corps en filons, lentille, amas et veinule.

### **V.2. Caractères de chaque corps de minerai**

#### **V .2.1. Gisement Sidi- Bel Abbès (Filon Sidi Djbar)**

Il s'agit d'un filon qui affleure au jour entre les côtes 1210 et 1290 m, Il affleure sur une longueur de 130 m selon un pendage de 76° vers le Sud, une épaisseur moyenne de 1,6 m et une teneur moyenne de 86.32 % en BaSO<sub>4</sub>. Ce corps est contrôlé par une structure technique de direction Est-Ouest encaissée dans les calcaires du Dogger. [01]

#### **V .2.2. Gisement Lakhdar (Corps Lakhdar Inférieur)**

Ce corps de minerai se présente sous forme d'amas d'une structure très irrégulière. Le corps se trouve situé en contrebas du corps de Lakhdar du niveau 1452 m. Il s'agit de sa continuité vers le bas. Le gisement est localisé entre les niveaux 1330 m et 1452m. Le minerai très dense (4.32) est contenu dans une gangue argileuse plus ou moins importante. Le minerai est encaissé dans les calcaires du lias moyen-supérieur. Le corps minéralisé a été développé par galerie au jour et par des sondages fond. [01]

## **VI. Etat des réserves**

### **VI.1. Les réserves de la barytine au niveau national [03]**

Les gisements barytiques présentant un intérêt économique sont localisés au Nord du pays à Aïn Mimoun (W. Khenchela), Bou caïd (W. Tissemsilt), Mellal (W. Tlemcen), Mesloul (Tébessa) et Koudiat Safia (W. Médéa).

Par ailleurs, des travaux de recherche minière ont permis de mettre en évidence plusieurs gisements dans le Sud-Ouest algérien près de Béchar.

Il s'agit des gisements de Draïssa Sud-Ouest, Djebel Draïssa, Draïssa Nord-Est et Draïssa Guelb El Tahtani. Cet ensemble de gisement totalise des réserves près de 07 Mln de tonnes de baryte [03]

Le gisement d'Ichmoul (w.Batna) : le site minier est localisé au versant nord du djebel Ichmoul, à 12 Km au nord du chef-lieu d'Arris. la structure est considérée favorable.

Des travaux ont été effectués en 1971 qui ont confirmé l'existence d'un corps barytine BaSO<sub>4</sub> dont le taux était entre 30% et 50% avec des réserves qui peuvent atteindre 1.548.280 tonnes [04]

## VI.2. Les réserves de la barytine au niveau mondial

Il n'y a aucun système mondial admis pour classer les réserves. Un système développé aux Etats-Unis (US Bureau of Mines & US Geological Survey, 1981; US Geological Survey, 1982) définit les réserves en tant que «ressources identifiées en minerai qui peut être extrait de manière profitable au moyen de la technologie existante et dans les conditions économiques actuelles» . [05]

Le tableau suivant donne les importants pays qui ont des grandes réserves de barytine.

**Tableau I.01** : Les réserves mondiales de barytine en 2015 [05]

pays	Réserves ( $\times 10^6$ tonnes)
<b>Chine</b>	<b>100</b>
<b>Kazakhstan</b>	<b>85</b>
<b>Turquie</b>	<b>35</b>
<b>Inde</b>	<b>32</b>
<b>Thaïlande</b>	<b>18</b>
<b>États-Unis</b>	<b>15</b>
<b>Russie</b>	<b>12</b>
<b>Maroc</b>	<b>10</b>
<b>Algérie</b>	<b>07</b>
<b>Mexico</b>	<b>07</b>
<b>Pakistan</b>	<b>01</b>
<b>Autres pays</b>	<b>66</b>
<b>Total</b>	<b>358</b>

## VII. La production de la barytine

### VII.1. Au niveau national

Le potentiel de production est représenté par les mines de Bou caïd et Aïn Mimoun actuellement en exploitation et qui fournissent 50 000 tonnes de barytine utilisée principalement dans le secteur des forages pétroliers. [03]

### VII.2. Au niveau mondial

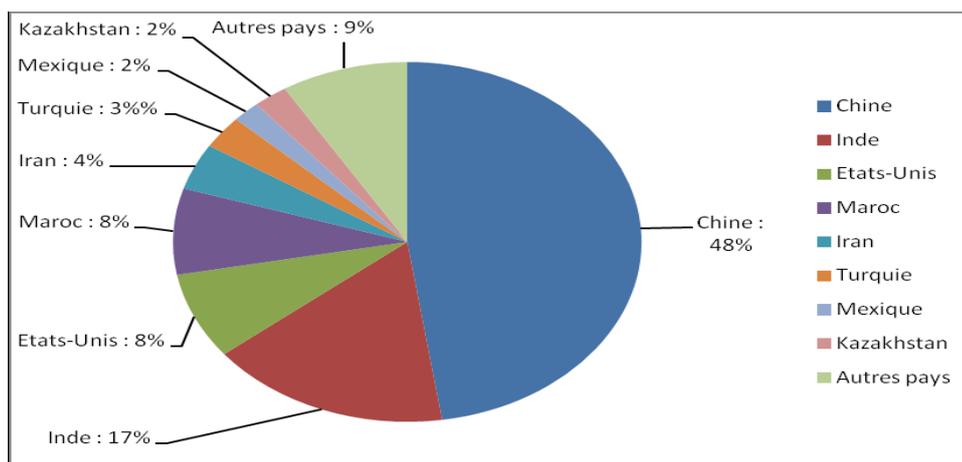


Figure I.03 : Répartition de la production mondiale de barytine en 2015(source USGS) [05]

Tableau I.02 : La production mondiale de la barytine [05]

Pays	La production ( $\times 10^3$ tonnes)	
	En 2013	En 2014
<b>Chine</b>	4.000	4.100
<b>Kazakhstan</b>	250	250
<b>Turquie</b>	250	270
<b>Inde</b>	1.740	1.600
<b>Iran</b>	270	270
<b>États-Unis</b>	700	720
<b>Maroc</b>	1.000	1.000
<b>Algérie</b>	40	50
<b>Mexico</b>	344	400
<b>Pakistan</b>	118	75
<b>Autres pays</b>	558	575

## VIII. La Consommation De La Barytine

### I.9.1. Au niveau national

La consommation de la barytine en Algérie en 2015 a atteint 250000 tonnes. Une part de 100000 tonnes est assurée par les producteurs locaux et le reste par l'importation. [06]

### VIII.2. Au niveau mondial

**Tableau I.03 : La consommation mondiale de la barytine [06]**

<b>Pays</b>	<b>La consommation (×10<sup>3</sup> tonnes)</b>
<b>Chine</b>	<b>1450</b>
<b>États-Unis</b>	<b>2690</b>
<b>Pays de golfe</b>	<b>700</b>
<b>Amérique du sude</b>	<b>370</b>
<b>Inde</b>	<b>330</b>
<b>Russie</b>	<b>330</b>
<b>Afrique</b>	<b>290</b>
<b>Malaisie</b>	<b>210</b>
<b>Union européen</b>	<b>670</b>
<b>Monde</b>	<b>8400</b>

## IX. Les prix de barytine

Les prix pratiques sont très variables et dépendent de la qualité du matériau et des procédés de traitement plus au moins sophistiqués qui sont utilisés pour répondre aux besoins des consommateurs.

La barytine brute pour le forage vaut environ 40 dollars du tonne (FOB Maroc). La barytine Broyée qualité forage coute 75 dollars du tonne (CIF USA) .En Europe, le cout moyen de la barytine broyée pour la chimie varie de 75 à 95 dollars du tonne, la barytine broyée pour charges et verrerie coute entre 130 et 135 dollars du tonne. [07]

## **X. Domaines d'utilisations de la barytine**

### **X.1. Au niveau national**

La barytine algérienne, est utilisée seulement dans le domaine pétrolier ou La barytine est l'alourdissement le plus utilisé dans les boues de forages, afin d'augmenter la densité. [03]

### **X.2. Au niveau mondial**

Le sulfate de baryum, oxyde cristallin, blanc, n'est pas soluble dans l'eau. Sous forme de poudre blanche, il couvre un vaste domaine d'applications. Certaines formes sont toxiques.

Les utilisations industrielles de la barytine sont basées sur leur densité, stabilité chimique, blancheur et son abondance relative dans la nature. [07]

#### **X.2.A. La barytine dans l'industrie 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 des minéraux en suspension. la boue injectée dans les forage, 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 barytine représente jusqu'à 40 % des constituants des boues de forage pétrolier, la consommation de cette matière dans un forage pétrolier varie beaucoup suivant le type de terrain traversé, la pression des gaz rencontrés et la profondeur du forage.

La barytine vendue pour boue de forage doit avoir une densité au moins égale à 4.2 et contenir une très faibles proportion (250 ppm maximum) de sels solubles, tels que le calcium soluble. de 90 à 95 % du produit doit avoir une granulométrie inférieure à 45 µ. la couleur grise ou marron et la présence d'oxyde de fer ne sont pas rédhibitoires. L'humidité du produit livré ne doit pas dépasser 3% ou 5% maximum. [07]

Les spécifications précises de la barytine pour boue de forage sont fournies par "American Petroleum Institute " (API), "Oil Companies Material Association" (OCMA) et l'Association de Recherche sur les Techniques d'Exploitation de Pétrole (ARTEP).

### X.2. B. La barytine dans l'industrie chimique

L'industrie chimique absorbe près de 16 % de la consommation mondiale. La barytine est la principale matière pour la fabrication des dérivés du baryum : carbonates, chlorures, oxydes, hydroxydes, nitrates, peroxydes et sulfates de baryum.

➤ **Le carbonate de baryum** est le plus important car il est à l'origine de la production de nombreux autres dérivés. Il est utilisé dans la fabrication de produits en terre cuit, 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 la composition d'une grande variété de produits : verre spéciaux pour écrans cathodique, téléviseurs, écrans d'ordinateurs, barrières contre les rayonnements, vernis céramiques, électrocéramiques, porcelaines, émaux, ferrites, etc... [07]

➤ **Le sulfate de baryum précipité**, 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, caoutchouc, 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.

➤ **Le lithopone**, est le résultat d'une double précipitation d'une solution de sulfate de zinc par 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 général une tonne de barytine par tonne de produit. Ce pigment blanc a été longtemps apprécié pour la peinture grâce à ses propriétés: blancheur, résistance aux intempéries, pouvoir couvrant, affinité pour l'huile. Dans le passé il a été fabriqué en gros tonnage, mais actuellement il est largement remplacé par des oxydes de titane. [07]

- **Le chlorure de baryum**, est utilisé dans le traitement de surface comme durcisseur de l'acier, dans la purification des eaux, dans le traitement du cuir et des tissus et dans la fabrication du magnésium métal. Par électrolyse du chlorure de baryum on obtient le baryum métal.
- **Le nitrate de baryum**, est utilisé en très faibles tonnages en pyrotechnie (couleur vert de la flamme), dans la fabrication de balles traçantes, de détonateurs et d'émaux.
- **L'oxyde de baryum**, permet dans la métallurgie du fer, d'améliorer le rendement du four électrique.
- **L'hydroxyde de baryum**, permet d'obtenir des stéarates de baryum. Les graisses à baryum sont appréciées pour leur résistance au lessivage ; il sert d'additif de stabilisation à la chaleur des PVC.
- **Le titanate de baryum**, entre dans la fabrication de composés électroniques et d'équipements de communication.
- **Le baryum métal**, est aussi produit par réduction de l'oxyde de baryum. Le métal est utilisé comme capteur de gaz dans les tubes sous-vide, dans les alliages pour bougies et dans les tubes électroniques d'émission d'éléments. [07]

La production de carbonate de baryum exige une qualité correspondant à un minimum de 97 à 98 % de  $\text{BaSO}_4$ . Les impuretés restantes représentent des frais pour le chimiste et des pénalités pour le producteur. Les oxydes de fer ou la silice ne doivent pas dépasser le seuil de 1% ; ce qui correspond, en prix de revient, à une diminution de plusieurs pourcents de  $\text{BaSO}_4$ .

Le ratio  $\text{SrSO}_4 / \text{BaSO}_4$  exprimé en % doit être aussi faible que possible, environ de 1 %. La teneur en  $\text{CaF}_2$  doit correspondre à des traces ; quelques centaines de ppm. Les chimistes veillent à utiliser des concentrés à faibles contenus en sulfures de plomb et de zinc, en cuivre, en nickel, terre rares et carbonates [07].

### **X.2. C. La barytine comme charge minérale**

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

Avec ces dérivés synthétiques que sont le lithopone et le blanc fixe, la barytine a l'avantage d'être blanche, inerte, dense et non abrasive. Elle est résistante aux intempéries et a la faculté d'absorber les radiations.

Ces différentes qualités sont mises à profit dans la fabrication de peintures, papier,

caoutchouc, plastiques, barrières de protection contre les rayonnements 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. [07]
  
- La barytine entre dans la composition des plastiques et caoutchouc des dessous de moquettes et de certaines carpettes et dans les éléments plats insonorisant pour l'industrie automobile.
- Dans l'industrie papetière, la barytine est utilisée comme support des couches sensibles pour impression photographique.
- Elle entre dans la composition des encres d'imprimeries.
- En verrerie, l'emploi de la barytine permet d'économiser l'énergie, elle décolore les pates de verre, les rends plus aptes aux manipulations et augmente la brillance. Les fabricants verreries demandent généralement une barytine avec  $\text{BaSO}_4 > 90\%$  ;  $\text{SiO}_2 < 2.5\%$  et  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0.15\%$ . la granulométrie doit être comprise entre 0.60 et 0.106 mm (-0.60 +0.106) mm . En général la barytine pour charge doit être blanche ou blanchissable par traitement à l'acide sulfurique et non abrasif. Dans les charges pour peintures la barytine peut être substituée par des carbonates et sulfates de strontium et des carbonates de calcium, généralement moins chers. [07]
- La barytine est employée dans les bétons denses qui occupent 60 % du volume d'un béton standard. Les applications concernent une grande variété d'ouvrages : construction de ports ou de terminaux pétroliers, contre-poids de ponts, stabilisateurs de conduites sous-marines, ballaste de bateaux.
- Les bétons denses à barytine forment aussi des barrières de protection contre d'éventuelles radiations ; ils sont mis en oeuvre pour la construction de laboratoire, de centres nucléaires et de bases militaires atomiques.
- La barytine est employée comme charge inerte dans les matériaux de friction tels que plaquettes de freins et disques d'embrayage. Selon le produit, la quantité de barytine varie entre 10 et 40 %. La barytine doit avoir une densité au moins égale à 4.3 et 99% du produit doit avoir une granulométrie inférieur à 40  $\mu$ . [07]

## **XI. Techniques d'exploitations utilisées à Bou caïd**

L'art d'exploiter la mine remonte à l'antiquité et s'est perfectionné tout au long du siècle avant de décrire quelques méthodes d'exploitation, quelques éléments de géologie sur la formation des gisements permettront de mieux comprendre comment extraire les matériaux. [01]

### **XI.1. Conditions générales des gisements**

#### **a)- Mode d'exploitation**

Le choix du mode d'exploitation dépend de la valeur du rapport de recouvrement qui doit être au maximum égal à 6% ; dans le cas de la mine de baryte de Bou-caïd, on constate une épaisseur de couverture dépasse l'épaisseur du gisement en centaine de fois. [01]

#### **b)-Mode d'ouverture**

Dans le cas d'un relief à flanc de coteau, on emploie le mode d'ouverture par galerie au jour qui est au même temps un accès au gisement et un chemin pour l'évacuation du tout-venant.

### **XI.2 .Les méthodes d'exploitation**

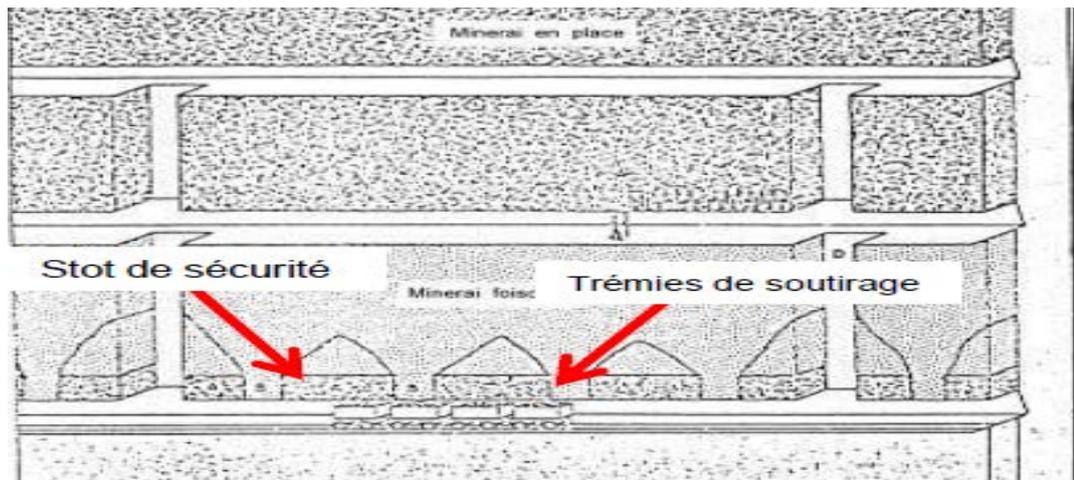
En tenant compte de ces paramètres, les quartiers de la mine de baryte de BOUCAID répondent aux méthodes d'exploitation suivantes :

- Chambre magasin : filon sidi djbar .
- Chambre et pilier : corps lakhdar niveau 1452m.
- Sous niveau abattu : corps lakhdar 1550

#### **a) Chambre magasin**

Dans ces méthodes, l'exploitation se fait par chambres du bas vers le haut, et le minerai abattu est temporairement employé en qualité de remblai pour maintenir les épontes. Suivant le mode d'abattage, les méthodes sont classées en deux groupes :

- 1)- Avec abattage par gradin renversé, les travaux sont exécutés à partir du bas, les ouvriers se tenant sur le minerai abattu [01]



**Figure I.04 :** Schéma de méthode d'exploitation par chambre et magasin [01]

Avec abattage du minerai à partir des ouvrages préparatoires. le premier procédé était le plus employé.

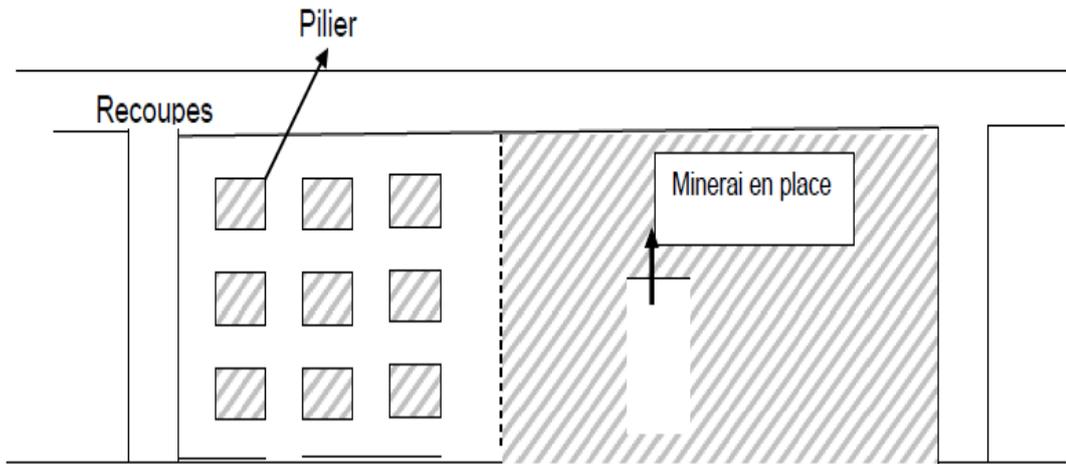
Le second est utilisé pour exploité les gîtes puissants et très puissants.

Le minerai abattu reste dans le vide créé par l'exploitation jusqu'à la fin des travaux dans la chambre donnée ; c'est-à-dire jusqu'à ce que l'exploitation atteigne la galerie supérieure. Dès que l'abattage sera terminé dans une chambre on procède à l'évacuation du minerai par l'intermédiaire des entonnoirs aménagés au bas du bloc, chargé sur des wagonnets et transporté vers le puits. [01]

### b) Chambre et pilier

Les gisements empilés qui peuvent être exploités par cette méthode sont ceux qui présentent des faibles pendages, sous forme d'amas. On exploite notre minerai à l'aide des cheminées en laissant des piliers dans la chambre pour soutenir le toit. Le minerai abattu s'évacue à travers les cheminées à l'aide des treuils pneumatiques ou des scrapers pneumatiques, ils utilisent des trémies en bois à la sortie des cheminées pour évacuer le minerai directement dans les wagons de transport, ou l'évacuer dans la galerie, ensuite en le chargeant dans les wagons à l'aide d'une pelle sur rail, ce dernier est le moyen le plus utilisé dans la méthode par chambre et piliers pour évacuer le minerai abattu (Figure 2), les piliers minéralisés sont laissés en place jusqu'à l'exploitation complète du corps minéralisé, où ils les récupèrent en commençant par les piliers les plus loin au jour, et le minerai abattu passe à un niveau inférieur dans une autre galerie. [01]

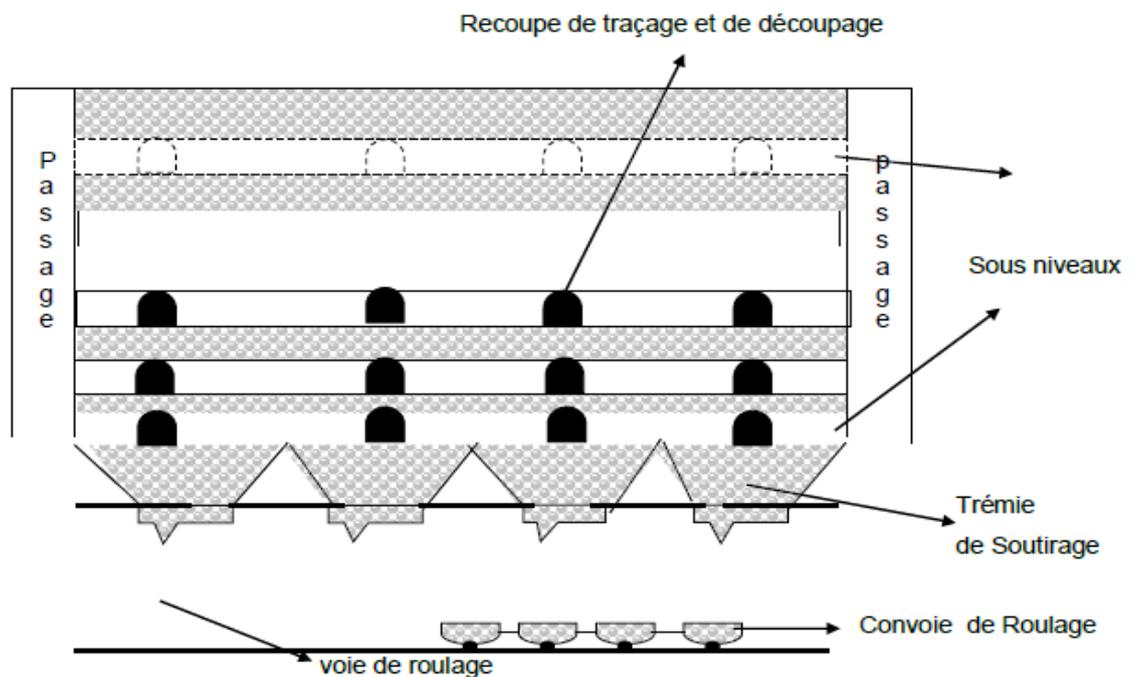
Enfin, le minerai est transporté vers l'air de stockage par les wagons [01]



**Figure I.5 :** Schéma de méthode d'exploitation par chambre et piliers [01]

**c) Sous niveau abattu**

La méthode consiste au creusement des trémies de soutirage au niveau de la voie de roulage, ensuite le creusement des sous niveaux du bas vers le haut et des recoupes pour le traçage et le découpage et enfin un tir de masse par bloc pour récupérer le reste du gisement [01]



**Figure I.06 :** Schéma de la méthode des sous niveaux abattus [01]

**XI.03. Les caractéristiques des gisements et leurs modes d'exploitations****a) Gisement sidi belabbes**

Le gisement de sidi Belabbes est exploité par la méthode de chambre magasin.

**- Filon Sidi Belabbes partie Ouest**

Il s'agit d'un corps filonien qui affleure au jour sur une longueur de 315 m avec une direction Est-ouest, et une puissance varie entre 0.5 et 2 m. L'angle de pendage est Sub- vertical ( $86^\circ$ ). La structure est encaissée dans les calcaires du Lias moyen-supérieur. Le minerai est d'une teneur moyenne de 84.55 % en  $BaSO_4$  et le densité moyenne est de l'ordre de 4. [01]



**Figure I.07 :** L'entrée de la galerie du niveau 1125 m [01]

**-Filon Sidi Belabbes partie Est**

Ce corps de minerai de barytine est la continuité du filon Sidi Belabbes Ouest qui se localise à l'extrémité orientale du Sra d'Abd El- Kader. Il affleure au jour entre les côtes 1210 et 1290 m, sur une longueur de 130 m selon un pendage de  $76^\circ$  vers le Sud, une épaisseur moyenne de 1,6 m et une teneur moyenne de 86.32 % en  $BaSO_4$ .

Ce corps est contrôlé par une structure technique de direction Est-Ouest encaissée dans les calcaires du Dogger.

Ce filon est exploité par deux niveaux:

- Le niveau 1175 m : Chambre en cours d'abattage.
- Le niveau 1125 m : préparation de deux chambres et mise en place de boisage des trémies et une chambre magasin qui alimente l'usine de traitement. [01]

**b) Gisement lakhdar**

Le gisement Lakhdar est exploité par la méthode de sous- niveau abattu et la méthode de chambre et piliers.

Ce Gisement est exploité par quatre niveaux:

- Corps Lakhdar supérieure niveau 1452 m

Sous forme d'amas.

- Corps Lakhdar inférieur niveau 1330 m

Sous forme d'amas.

- Lakhdar niveau 1497 m :sous forme du filon .

- Corps Lakhdar niveau 1550 m

Sous forme de deux amas

Le gisement se trouve à 4 Km de l'usine de traitement.

Le Gisement de Lakhdar est constitué de 4 niveaux. Ces 3 niveaux sont actuellement en exploitation. Il s'agit des niveaux 1452, 1497 et 1550.

Ils seront épuisés en 2016, le 4ème niveau (1620) ainsi que le niveau 1452, feront l'objet de travaux de recherche pour confirmation de nouvelles réserves [01]



**Figure I.08 :** L'entrée de la galerie du niveau 1550 m [01]

**c) Gisement nord**

Le gisement Nord est exploité par la méthode de chambre magasin.

Le gisement se trouve à 6 Km de l'usine de traitement. Le Gisement Nord est constitué de 3 niveaux. 2 niveaux sont actuellement en exploitation. Il s'agit des niveaux 1200 m et 1150 m, ils seront épuisés en 2012, le 3ème niveau (1050 m) fera l'objet des travaux de développement pour confirmation de nouvelles réserves.



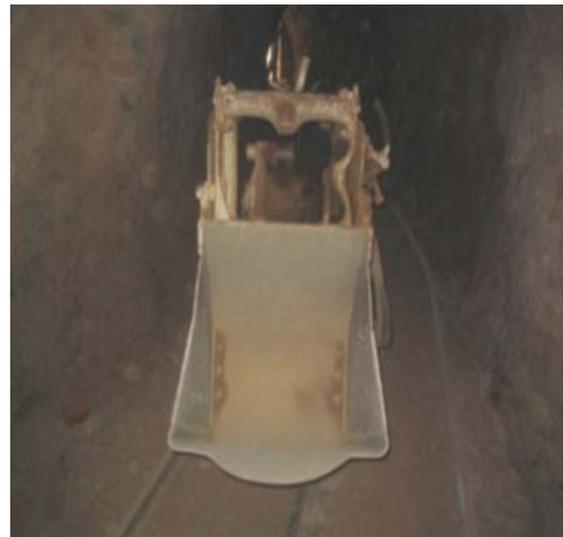
**Figure I.09 :** L'entrée de la galerie du niveau 1110 m [01]

#### **XI.04. Chargement et transport**

Les déblais sont chargés soit à l'aide des pelles sur rails, qui versent leurs contenus dans les wagonnets enchaînés et entraînés par un locotracteur.



**Figure I.10:** Loco tracteur (diésel) [01]



**Figure I.11:** Pelle sur rail déchargement

[01]



**Figure I.12:** Wagonnets [01]

L'évacuation du minerai et des déblais de fond vers l'aire de stockage ou vers les terrils se fait par les wagonnets de capacité de 2 tonnes pour chacune enchaîné avec un locotracteur qui ramène ces wagonnets à l'extérieur. Et pour le transport du minerai de la zone de stockage vers les laveries et les stations de traitement, ils utilisent des camions de capacité de 18 tonnes pour chacun, et une pelle chargeuse de godet de volume de 1.5 m<sup>3</sup>. Le personnel de la mine se déplace vers les différents quartiers au moyen des camions de transport de personnel, et l'encadrement technique, en cas de visite, se déplace au moyen des véhicules tout-terrain, par contre, Le déplacement des hommes dans le fond se fait à travers les cheminées de passage par les échelles [01]



**Figure I.13 :** Transport Tout-venant [01]



**Figure I.14 :** Pelle chargeuse [01]



**Figure I.15** : Camion de personnel [01]

## Conclusion

Le gisement de Bou Caïd est sous forme deux structure filonienne et amas, avec des réserves de barytine importantes (les sites de l'Ain et le Nord furent transmis à la mine de Bou Caïd dont les réserves sont de 50 000 tonnes pour le premier et 10 000 tonnes pour le second.) et avec une teneur moyenne de 80% en BaSO<sub>4</sub>.

Les gîtes métallifères de l'Ouarsenis sont surtout Zincifères et deviennent du type B.G.P.

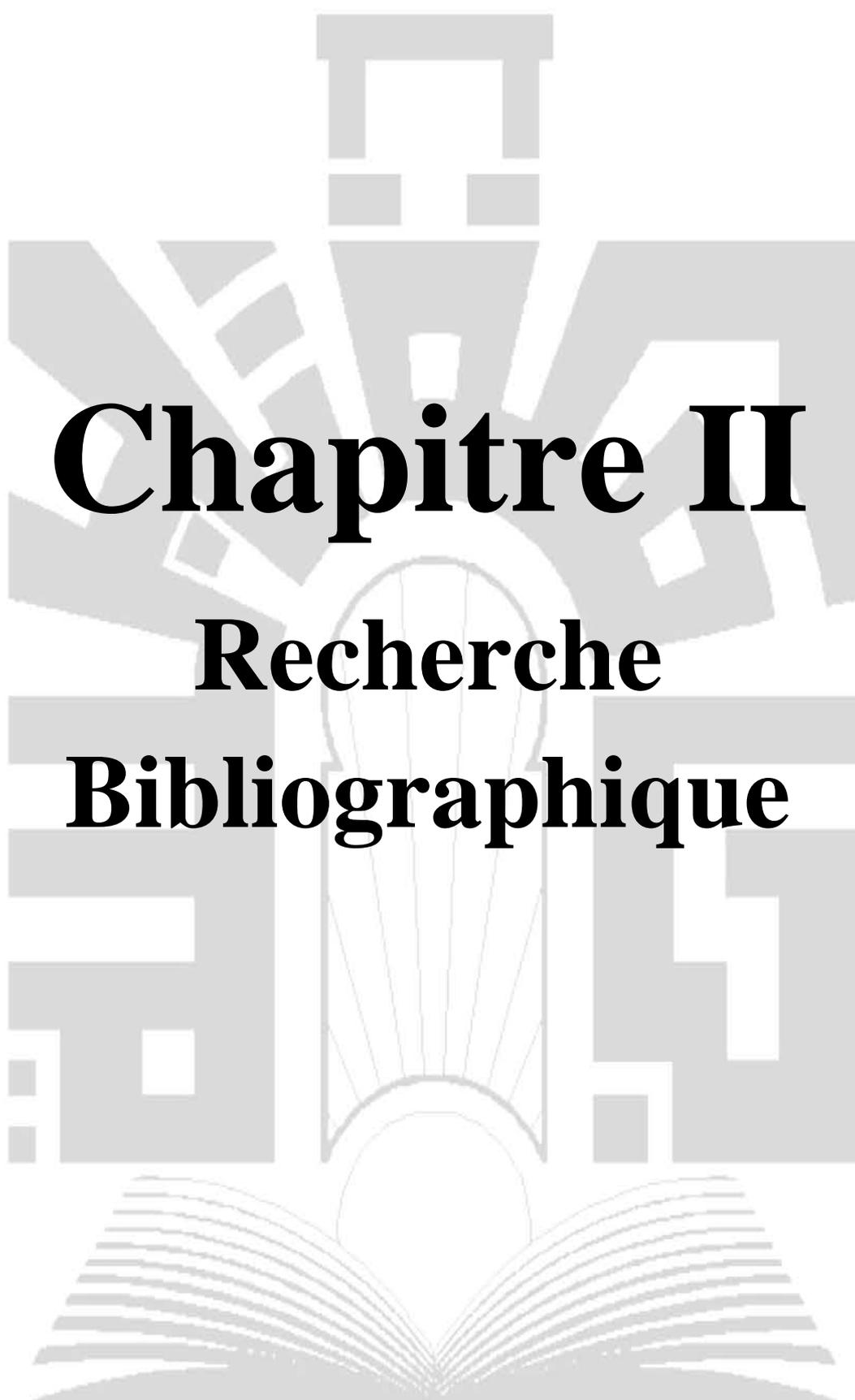
La barytine est un minéral très important dans le domaine industriel et surtout dans l'industrie pétrolier et chimique à cause de ces différentes propriétés (densité, blancheur, absorbance des rayons ...etc).

- Environ 75-80% de la baryte extraite est utilisée pour rendre plus lourdes les boues de forages de profondeur exécutés lors de l'exploitation de pétrole.
- Barytine utilisé dans le domaine pharmaceutique exige une teneur supérieure ou égale 95 % en BaSO<sub>4</sub>.
- Barytine utilisée dans l'industrie chimique exige une teneur supérieure à 90% BaSO<sub>4</sub> au minimum.

Le choix de la méthode d'exploitation est le plus important. La méthode choisie doit répondre aux exigences principales à savoir :

- Protection de travail.
- Intensification d'exploitation du gite.
- Un bas prix de revient d'extraction au minerai.
- Bonne productivité haute de du travail.
- Taux minimum de perte et dilution minérale en minerai.

La méthode d'exploitation appliquée au niveau de la mine de Bou Caïd : chambre magasin et chambre et piliers.

The background features a large, light gray watermark of the University of Tébessa logo. The logo consists of a central sunburst with rays emanating from a semi-circle at the bottom, which is positioned above an open book. The sunburst is flanked by two stylized, geometric structures that resemble buildings or architectural elements.

# **Chapitre II**

## **Recherche**

## **Bibliographique**

UNIVERSITE DE TEBESSA

## I. Méthodes de traitement du minerai baryte

Dans certains gisements, le minerai est suffisamment pur et peut être simplement criblé et concassé. En général, la barytine primaire est obtenue par triage manuel, ou après concentration par flottation, gravimétrie, séparation magnétique et séparation radiométrique. [07]

### I.1. Au niveau national

#### ❖ La barytine de Bou-Caid

L'usine de Bou-Caid traite, enrichit et transforme le Tout-venant Baryte (Matière première) provenant des différents quartiers dans un but d'obtenir un produit marchand conforme aux normes API.

Le Tout-venant avec une grosseur maximale de 500 millimètres et une teneur minimale de 60% en  $\text{BaSO}_4$  est traité dans Trois stations.

-station de concassage : Préparation du Tout-venant à l'enrichissement

-station d'enrichissement: Enrichissement du Tout-venant par la méthode de Séparation gravimétrique humide.

-Station de Broyage: Séchage, Broyage fin et Mise en Big-Bag et/ou en sacs.

L'usine dispose d'une aire de stockage de produit fini pouvant aller jusqu'à 3000 tonnes de produit fini. [01]

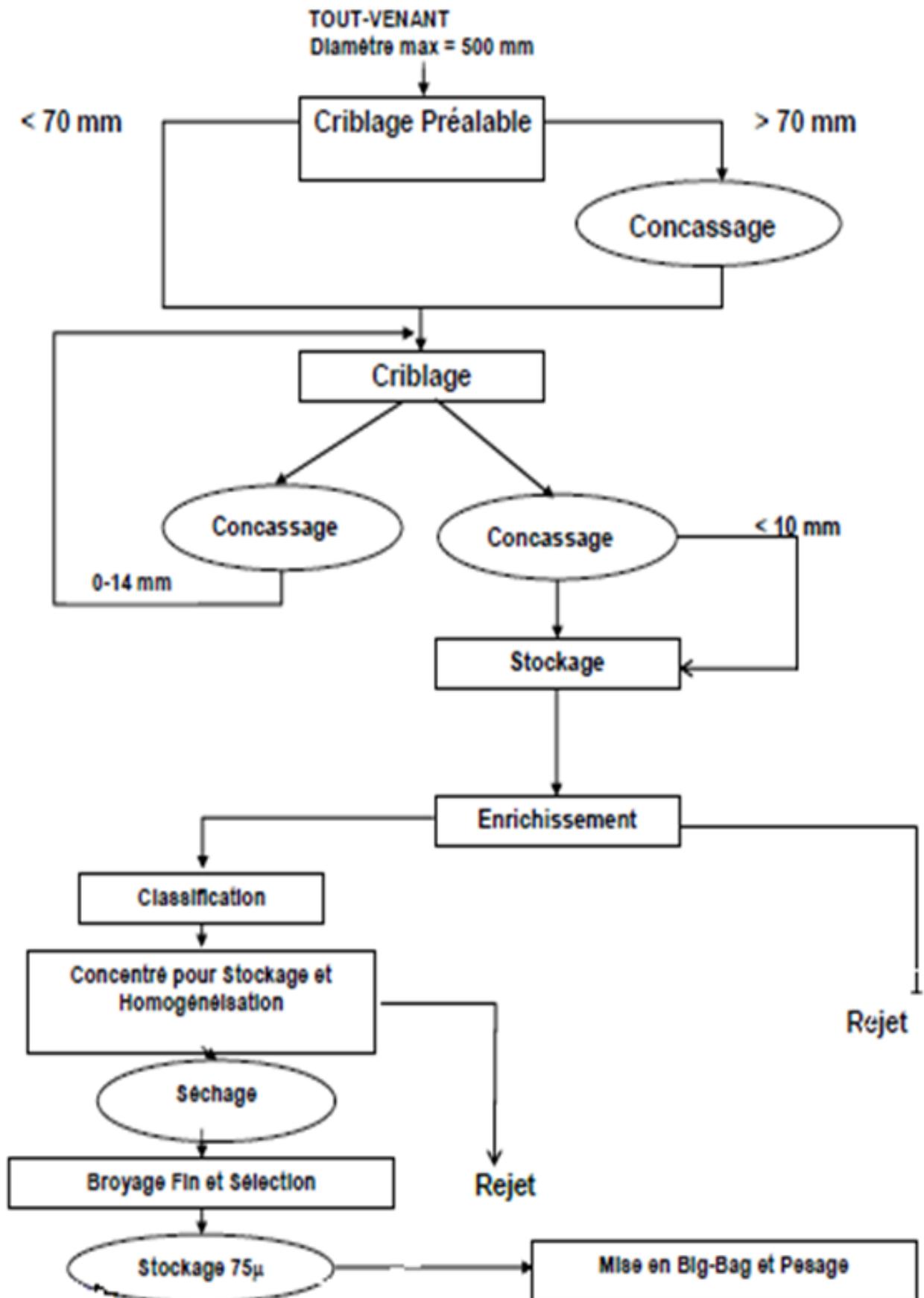


Figure II.01 : La chaîne de traitement de minerai barytique de Bou-Caïd [01]

**a) Station de concassage**

Dans Cette étape consiste à réduire le Tout-venant Baryte jusqu'à une grosseur admise par la prochaine étape pour pouvoir l'enrichir.

Le Tout-venant est chargé à l'aide d'une pelle chargeuse dans une trémie réceptrice de capacité de 120 tonnes à partir d'une aire de stockage pouvant atteindre jusqu'à 5000 tonnes. [01]

Le Tout-venant avec une grosseur maximale de 500 mm à l'alimentation subit trois opérations de réduction mécanique de grosseur :

- Réduction à 70 mm à l'aide d'un concasseur à mâchoires à simple volet type VB67 BERGEAUD.
- Criblage et réduction de grosseur à 14 mm dans un groupe mobile broyeur crible SYMENS. Cette opération la séparation des granulats entre 10 et 14 mm par un crible à 03 étages et qui facilite la séparation et le concassage de cette étape.
- Réduction à 6mm dans un concasseur à cylindres lisse type BCR 60X80.

Le Tout-venant réduit à une grosseur comprise entre zéro et dix millimètre (0-10 mm) est stocké dans trois trémies tampons de 120 tonnes de capacité chacune.

L'installation de concassage débite un rendement de 30 tonnes par heure en concassé à 0 - 10 mm). [01]

**b) Station d'enrichissement**

Le Tout-venant réduit à 0 – 10 mm subit une séparation gravimétrique humide dans un appareil appelé Remer-Jig de marque WEMCO.

Le produit lourd soit la Baryte est récupéré du bas de l'appareil dans un classificateur spiral puis évacué vers des chambres pour égouttage.

Le produit léger soit les rejets est acheminés en surface avec l'eau vers une digue pour décantation et stockage et recyclage de l'eau clarifiée.

Le produit lourd représente le concentré est stocké à proximité dans une aire de stockage allant jusqu'à 9000 tonnes de capacité. [01]

Le rendement de cette installation est de 12 tonne/heure en concentré.

**c) Station de Pulvérisation et conditionnement (Broyage)**

Cette opération permet de transformer le concentré à un produit fini marchand conforme aux normes.

Le concentré avec une humidité maximale de 12% à l'entrée subit une opération de séchage dans un sécheur rotatif de 14 mètres de long et 02 mètres de diamètre ou il est ramené à un taux inférieur à 1% à la sortie du séchage.

Le produit séché subit un broyage fin dans un broyeur pendulaire BP16 d'un rendement moyen de 14 tonnes/heure et une séparation en granulométrie dans un séparateur statique ou les particules inférieures à 75 Microns est stockées dans une trémie de stockage de produit fini.

Le produit réduit à 75 microns est mis en Big-Bag des ensacheuses de marque TESTUT et pesé dans une balance électronique.

Le produit conditionné dans des Big-Bags de 1,5 tonnes représente le produit fini de l'usine, il est destiné pour l'utilisation en boue de forage pétrolier.

La capacité nominale de l'usine est conditionnée par le concentré issu de l'atelier d'enrichissement est de 12 tonnes/heure. [01]



**Figure II.02 :** séparation gravimétrique du minerai barytique de Bou-Caid-Algérie

Elle est de couleur claire. Pure, elle est incolore ou blanche, mais on la trouve le plus souvent colorée diversement par des adjonctions. Elle devient alors safran, gris léger, brun pâle au brun foncé, mais aussi rouge, bleu, vert et noir

### ❖ La barytine de Ain Mimoun

L'usine de Ain Mimoun traite, enrichit le Tout-venant Barytique provenant des différents filons dont le but est d'obtenir un produit marchand conforme aux normes API (American Petroleum Institute).

Le procédé de traitement du minerai barytique de la mine de Ain Mimoun est la séparation gravimétrique par jigage qui est basé sur le principe suivant :

Opération de séparation de deux minéraux de poids spécifique différent. Les produits sont soumis à une pulsation verticale périodique au cours de leur écoulement dans un bac. La pulsation est engendrée soit par le mouvement du bac, soit par le mouvement de l'eau, le bac étant fixe. Ces appareils se sont les jigs ou les bacs à piston. [08]

Le traitement de minerai barytique de Ain Mimoun passe par les étapes suivantes :

✚ **Concassage** : réduction de la taille des particules afin de libérer le minéral utile de la gangue stérile.

✚ **Criblage** : cette opération consiste de faire contrôler la granulométrie du minerai concassé et l'efficacité de cette fragmentation, jusque à l'obtention d'une granulométrie acceptable pour le procédé d'enrichissement suivant.

✚ **Jigage** : classement des particules suivant leur densité dans un courant d'eau.

✚ **Séchage** : réduction de l'humidité du produit sous l'effet de la chaleur.

✚ **Broyage et classification** : pulvérisation du produit et classification granulométrique.

✚ **Ensachage et conditionnement du produit fini pour l'expédition et la commercialisation.**



**Figure II.03** : Vue générale de la station du traitement actuel de Ain Mimoun [08]

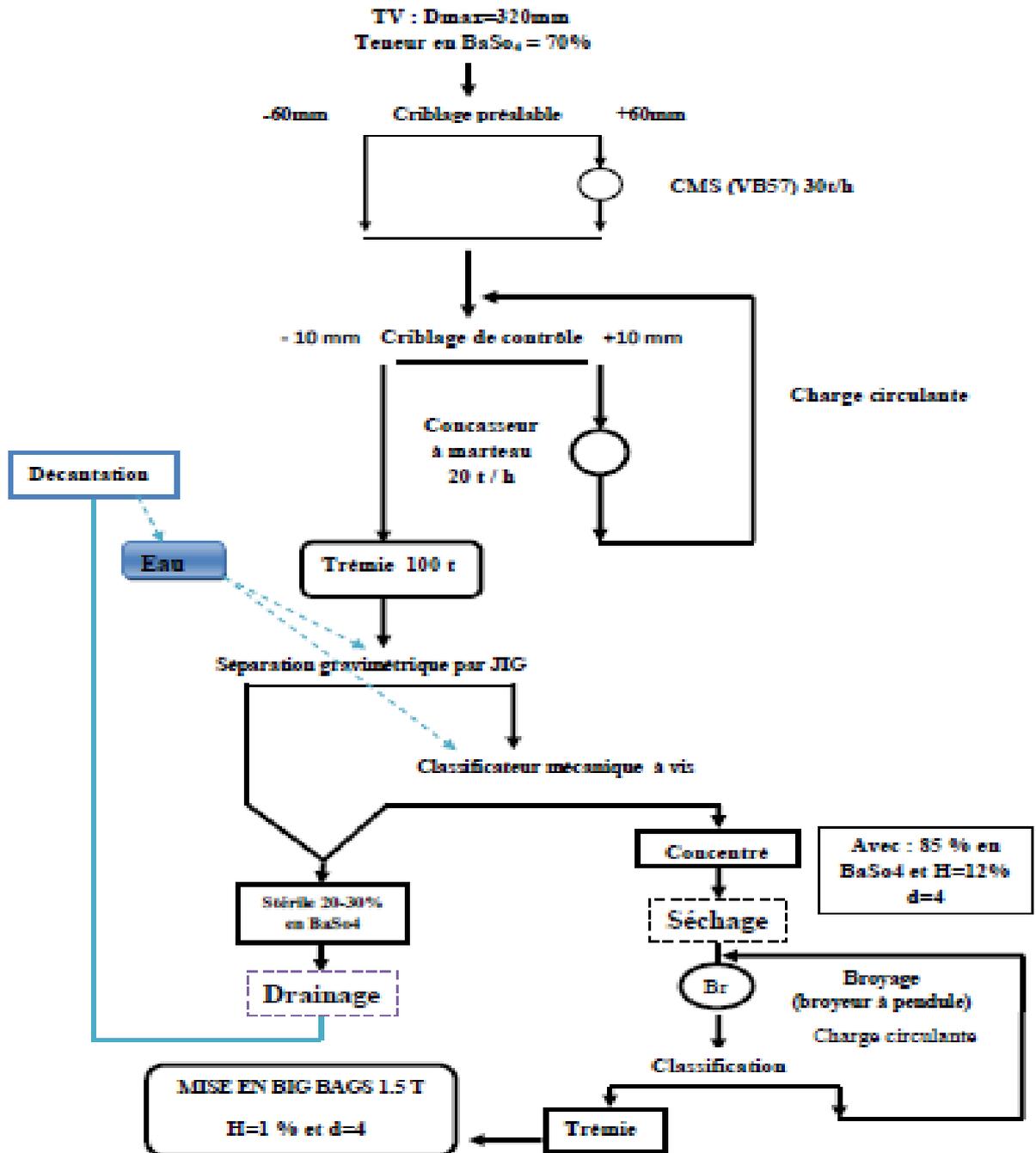


Figure II.04 : Schéma technologique de traitement de la Barytine de Ain Mimoun [08]

## I.2 Au niveau mondial :

### ❖ La barytine de France

En général, la barytine primaire est obtenue par scheidage (tri manuel), dans le cas de minerais de bonne qualité, ou après concentration par différentes méthodes : flottation (Figure 10), gravimétrie, séparation magnétique. [07]

La suite du traitement comprend les étapes suivantes : séchage, concassage, puis épuration, micronisation selon les usages, éventuellement blanchiment chimique. Dans certains gisements, le « minerai » de barytine, après extraction, est suffisamment pur pour être simplement criblé et concassé. [07]



**Figure.II.05** : Cellules de flottation dans l'usine de Chaillac, traitant la barytine extraite sur place (Cliché F) [07]

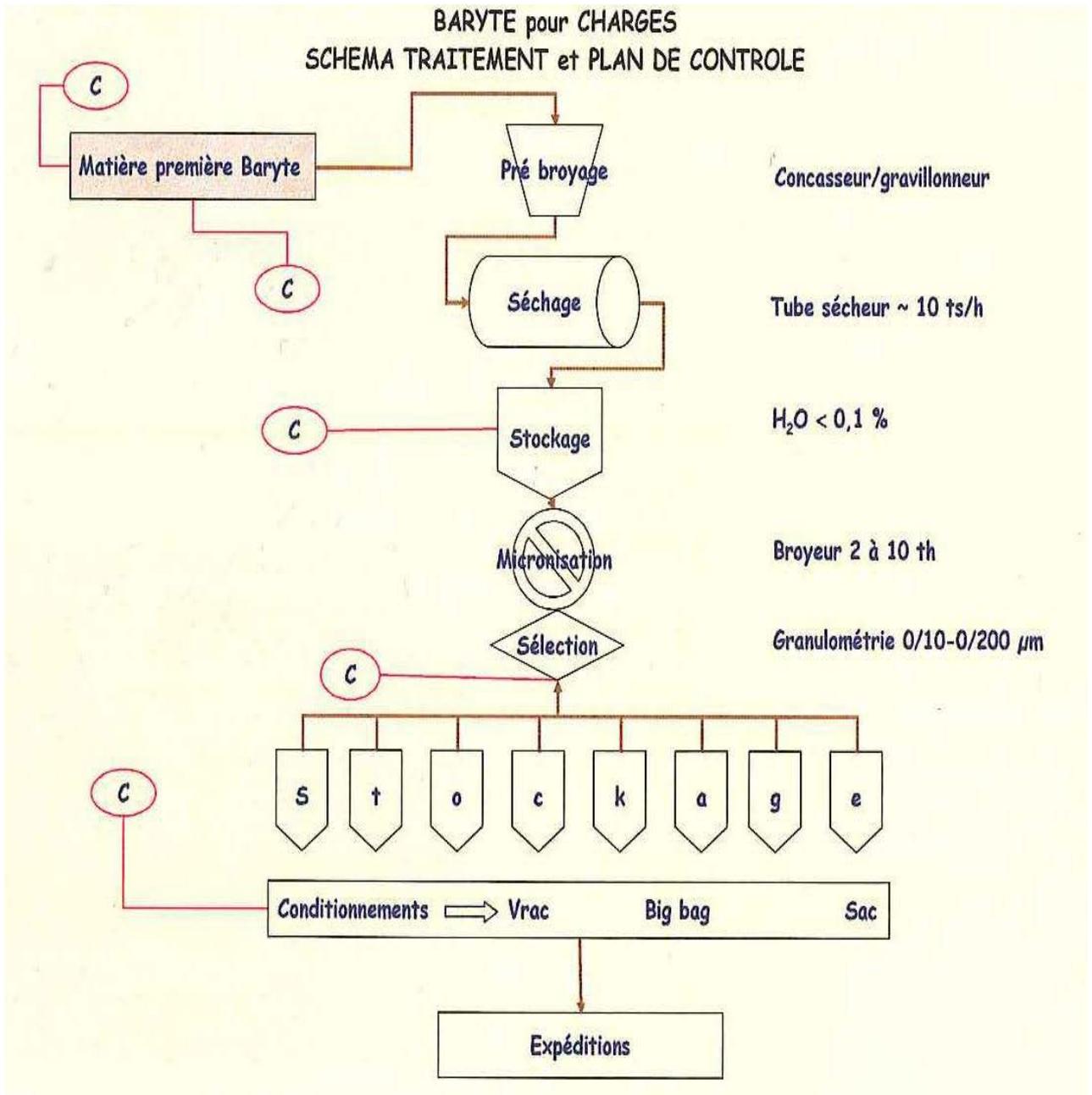
La barytine, produite dans le gisement de Chaillac, était obtenue à partir d'un concentré d'une teneur de 98 % ( $\text{BaSO}_4 + \text{SrSO}_4$  avec un rapport Sr/Ba de 1 %). Les faibles teneurs en oxydes de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1\%$ ), en silice ( $\text{SiO}_2 < 0,4\%$ ) et en fluorine ( $\text{CaF}_2$  compris entre 300 et 500 ppm) en faisaient son intérêt. [07]

#### - **Enrichissement et élaboration de la barytine industrielle**

Selon les applications industrielles et les spécifications requises, la barytine primaire peut suivre les phases de préparations suivantes en usines :

- broyage fin et mélange de différentes qualités pour obtenir un produit standard pour la préparation des boues de forage.

- broyage et micronisation pour obtenir les produits pour charge, avec un indice de blancheur élevé (90 à 94) et éventuellement un blanchiment par traitement chimique pour augmenter cet indice [07]



**Figure.II.06:** Schéma de traitement de la barytine pour charge (document Barytine & Minéraux) [07]

## II. Caractéristiques des différents minéraux porteurs de la baryte

Outre les filons de baryte, on rencontre plusieurs indices comme la minéralisation de cuivre, de plomb, de quartz, de calcite, etc.

### II.1 La baryte ( $BaSO_4$ )

La barytine est un sulfate de baryum naturel ( $BaSO_4$ ), largement utilisée dans différents secteurs industriels, elle correspond à la composition suivante : BaO (65.70%),  $SO_3$  (34.30%), la barytine apparaît dans les environnements géologiques variés seule ou bien en association avec plusieurs minéraux tel que la fluorine, la Célestine ,le quartz, le blende ,ou la galène.

Est enfermée de deux espèces, l'un à cristaux grisèrent donne des émanations allongées et à agrégats d'une structure fibreuse, l'autre à cristaux fins forma de grains isométriques. [09]

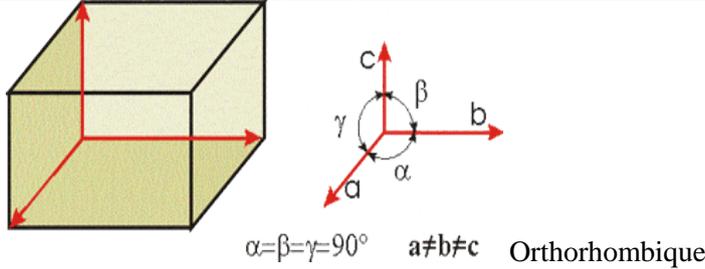


**Figure.II.07** : Cristal de baryte [09]

#### II.1.A. Caractéristiques physico-chimiques de ( $BaSO_4$ )

Le tableau ci-dessus nous montre les différentes compositions chimiques de la baryte de boucaid

Tableau.II.01 : Caractéristique physico-chimique de BaSO<sub>4</sub> [09]

<b>Composition chimique</b>	BaSO <sub>4</sub> (Sulfate de Baryum)
<b>Classe minéralogique</b>	Sulfates
<b>Système cristallin</b>	 <p><math>\alpha=\beta=\gamma=90^\circ</math> <math>a\neq b\neq c</math> Orthorhombique</p>
<b>Forme des cristaux</b>	
	
Pyramide	Sphénoèdre
<b>Densité</b>	4,48 La baryte est remarquable par son poids exceptionnel et la perfection de ses cristaux
<b>Dureté</b>	3 à 3,5 sur l'échelle de Mohs
<b>Clivage</b>	Parfait dans une direction, faible dans les autres. La barytine grossière constitue divers agrégats, en général clivables.
<b>Fracture</b>	Conchoïdale (comme celle du verre).
<b>Couleur</b>	est de couleur claire. Pure, elle est incolore ou blanche, mais on la trouve le plus souvent colorée diversement par des adjonctions. Elle devient alors safran, gris léger, brun pâle au brun foncé, mais aussi rouge, bleu, vert et noir
<b>Trace</b>	Blanche
<b>Eclat</b>	Vitreux
<b>Fluorescence</b>	La baryte n'est pas ou très peu fluorescente, par contre, chauffée, elle devient luminescente

**II.2. Le quartz( SiO<sub>2</sub>)**

Est en deux générations grés en forme de séparation allotriomorphe se développent en cristaux prismatiques. [08]

- la Densité entre 2,5 - 2,6 jusqu' a 5 g/cm<sup>3</sup>
- la Dureté est égale 7
- la Couleur est Blanche

**II.3. La calcite (CaCO<sub>3</sub>)**

Donne des séparations à contact irréguliers.

- la Densité est égale 2.72 g/cm<sup>3</sup>
- la Dureté entre 2.5 a 3
- la Couleur Incolore ou blanc opaque

**II.4. Les Hématites (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**

Sont disposés irrégulièrement dans le contact le long des fissures.

- la Densité est égale 5.26 g/cm<sup>3</sup>
- la Dureté entre 5 à 6
- la Couleur est Gris ou noir

**II.5. La malachite et l'azurite (Cu<sub>2</sub>Co<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub> )**

Se rencontrent en forme de séparation et nids isolés. Tous ces indices métallifères sont en quantités négligeables et ne présentent aucun intérêt économique.

- la Densité entre 3.9 à 4.05 g/cm<sup>3</sup>
- la Dureté entre 3.5 à 4
- la Couleur est Verte brillant

**II.6. La Galène ( PbS )**

- la Densité est égale 7.58 g/cm<sup>3</sup>
- la Dureté est égale 2.5
- la Couleur est Gris de plomb

**II.7. Le dioptase (CuSiO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O)**

(Cuivre gris) se présente sous l'aspect de grains arrondis et angulaires disséminés dans la baryte.

**II.8 La chalcopyrite (CuFeS<sub>2</sub> )**

Se rencontre en forme de séparation irrégulière le long des fissures dans la baryte.

**II.9 La sphalérite (ZnS)**

Se présente sous forme de grains arrondis.

**II.10 Le cinabre (HgS)**

Est représentée en dissémination dans la pana base.

**III. Méthodes de traitement des rejets barytiques****III.1. Séparation magnétique**

La séparation magnétique exploite les propriétés magnétiques des matériaux afin d'effectuer leur séparation. La susceptibilité magnétique est la propriété d'un matériau qui détermine son comportement dans un champ magnétique. À partir de cette propriété, les matériaux peuvent être divisés en trois classes.

La première classe est composée des matériaux ferromagnétiques dont la susceptibilité magnétique est très forte.

La deuxième classe comporte des matériaux paramagnétiques qui présentent une susceptibilité magnétique faible.

La troisième classe est constituée des matériaux diamagnétiques possédant une susceptibilité nulle.

La séparation magnétique est accomplie par entraînement des matériaux susceptibles lors de leur passage à travers un champ magnétique.

Ce dernier peut être produit à l'aide d'un aimant permanent ou d'un électroaimant.

L'utilisation des électroaimants comporte plusieurs avantages dont la possibilité d'ajuster l'intensité du champ magnétique en variant l'intensité du courant électrique. De plus, le champ magnétique produit par les électroaimants peut atteindre une intensité plus élevée que l'intensité d'un champ engendré par des aimants permanents. La grosseur et la masse volumique des particules ou morceaux devant être séparés influencent le traitement. La séparation des grosses particules denses requiert un champ magnétique plus intense que la séparation des petites particules légères.

Il est essentiel de souligner que l'efficacité du procédé dépend du degré de libération ou de la pureté des matériaux à séparer. [12]

Il existe deux catégories d'équipements de séparation magnétique: les séparateurs à haute intensité et les séparateurs à basse intensité. Chaque catégorie peut être divisée en deux, soit les séparateurs humides et les séparateurs à sec. Les séparateurs à basse

intensité sont utilisés pour séparer les matériaux ferromagnétiques et certains matériaux paramagnétiques hautement susceptibles. [13]

Les séparateurs à haute intensité présentent des coûts d'achat et d'opération très élevés. En effet, la production d'un champ magnétique intense entraîne une consommation élevée d'électricité.

La valeur des minerais traités par cette méthode justifie de tels coûts.

### **III.2. Concentration gravimétrique**

La concentration par gravité ou gravimétrie 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 contrés en limitant la gamme de tailles de particules qui composent l'alimentation de ces équipements par tamisage ou 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. 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. [14]

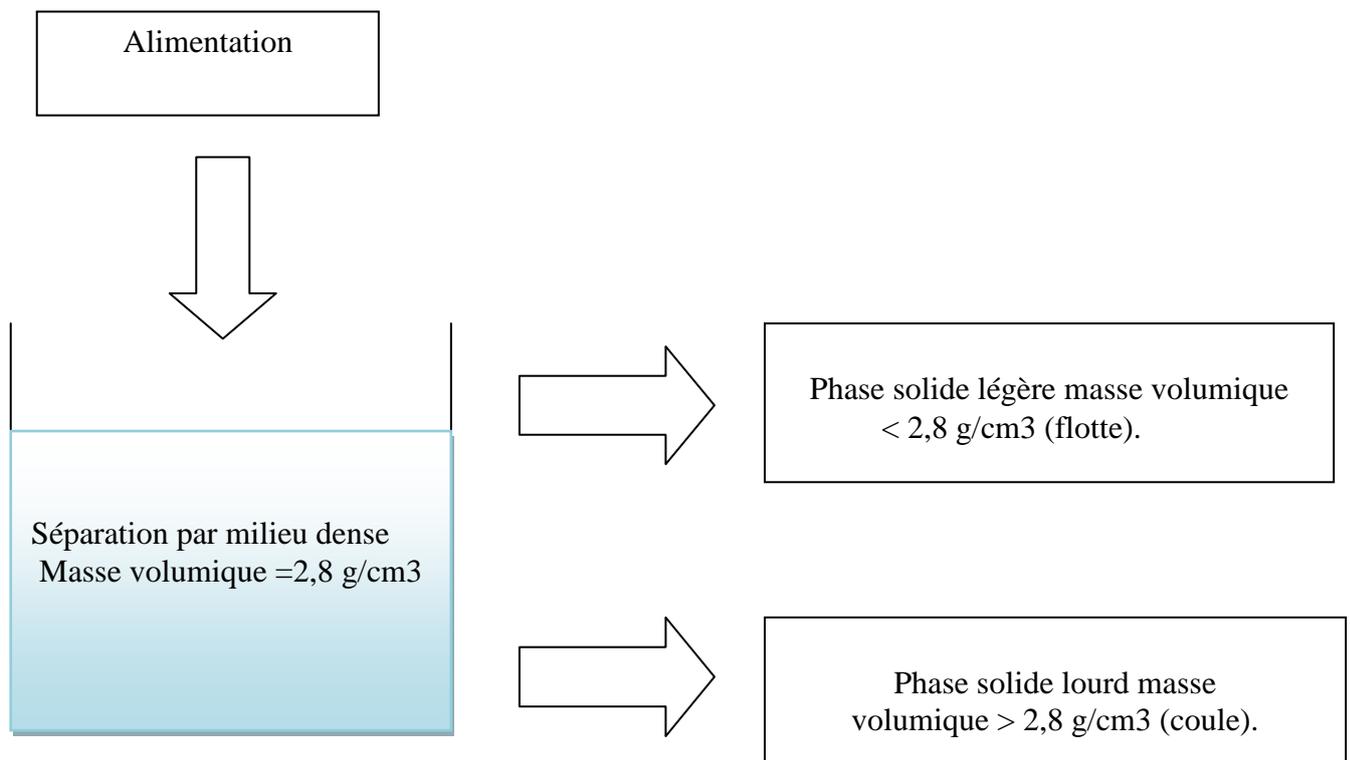
La réussite d'une séparation gravimétrique repose sur la connaissance poussée des paramètres minéralogiques du minerai à traiter (maille de libération, masse volumique des divers constituants, présence de mixtes minéralogiques, répartition granulométrique des espèces minérales, etc). [15]

### III.2.1. Les mecanismes de separation gravimetrique

#### III.2.1.A. Mécanisme par milieu dense

Le mécanisme par milieu dense impliquant la densité fait intervenir la masse volumique (densité) du fluide ou de la pulpe ainsi que la force gravitationnelle pour séparer les particules en deux produits, ceux qui flottent et ceux qui coulent. Le point de coupure (en termes de masse volumique) entre les deux produits peut être modifié en ajustant la densité de la pulpe par la quantité de solides présents (milieu dense).

La séparation est alors effectuée par sédimentation entravée (figure II.8) [10]



**FigureII.08 :** Mécanise de séparation par milieu dense [10]

#### III.2.1.B. mécanisme par pulsation et stratification

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. Les jigs et le bac à piston constituent les principaux équipements de ce groupe (figure II.9). [16]

L'extraction du concentré qui s'accumule au dessus de la grille doit être régulée selon l'apport de particules denses.

Cette régulation permettra au jig de travailler en régime continu en gardant les meilleurs paramètres qui ont été sélectionnés. L'extraction par siphon et déversoir est régulée selon l'arrivée de particules denses.

Les particules denses dans le compartiment et provoquent une ségrégation continue de la densité de la pulpe, de densité moyenne  $d_2$ , sur une hauteur  $h_2$ . Une couche de particules denses de densité  $d_1$ , constituant le lit filtrant, repose sur la grille. Un compartiment fermé adjacent est formé par une plaque verticale formant un siphon. Seules les particules denses y ont accès. Un déversoir à une hauteur  $h_1$  libère les particules denses. La pression à l'entrée du siphon (durant la fluidisation) est égale à  $h_2 \cdot d_2$  (à l'extérieur) et aussi  $h_1 \cdot d_1$  (à l'intérieur du siphon). La densité  $d_2$  est alors conditionnée par la hauteur du déversoir  $h_1$ . [16]

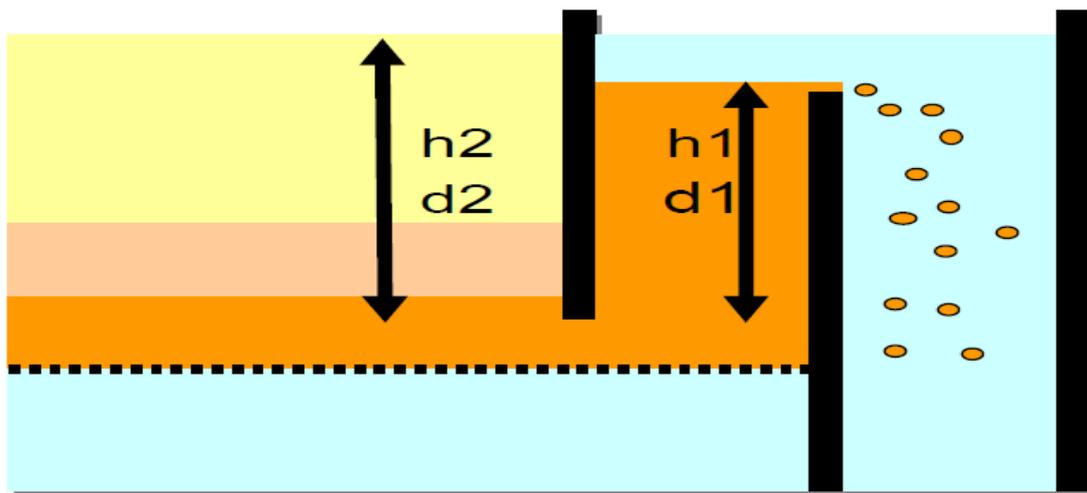


Figure II.09 : Pulsations et la stratification [16]

### III.2.1.C. Mécanisme par nappe pelliculaire fluente

Sont basés sur l'action de percolation interstitielle à travers un lit de particules en écoulement sur un plan incliné. Les particules de masse volumique élevée ont tendance à traverser le lit pour former une couche de particules inférieure qui s'écoule lentement le long du plan incliné. La couche supérieure qui est composée des particules de faible masse volumique s'écoule plus rapidement puisque ces particules sont facilement entraînées par le courant liquide et ne subissent pas la friction occasionnée par la surface inclinée. Parmi les équipements de ce groupe, les spirales se distinguent grâce à un effet additionnel de force centrifuge engendré par leur configuration spécifique [10]

**III.2.1.D. Mécanisme par action de secousses** [10]

L'action de secousses horizontales combinée à l'action de la nappe pelliculaire fluente contribue aussi à obtenir la stratification désirée. Grâce à la force de cisaillement qu'elles engendrent, les secousses contribuent principalement à produire le vide intergranulaire nécessaire au mouvement des particules. Les tables à secousses sont au nombre des équipements dont le fonctionnement repose sur ce mécanisme.

D'une façon générale, les équipements de concentration gravimétrique séparent efficacement les particules dont la taille se situe à l'intérieur d'une gamme restreinte. Pour cette raison, il est nécessaire de procéder à une classification du matériel avant d'effectuer la séparation par concentration gravimétrique.

La concentration gravimétrique sépare alors les particules en fonction de la masse volumique et s'applique en fonction de la différence des masses volumiques des matériaux. En effet, il est possible d'estimer l'applicabilité d'une telle approche à l'aide de la formule suivante:

$$C_T = \frac{(\rho_L - \rho_f)}{(\rho_l - \rho_f)}$$

Où

$C_T$  : Critère de Taggart.

$\rho_L$ ; représente la masse volumique de la phase solide lourde,

$\rho_l$ ; la masse volumique de la phase solide légère

$\rho_f$ ; la masse volumique du fluide.

La valeur du critère de concentration indique l'applicabilité de la concentration gravimétrique en fonction de la taille des particules (Tableau 03) .

**Tableau II.02** : Critère de concentration gravimétrique en fonction de la taille des particules [10]

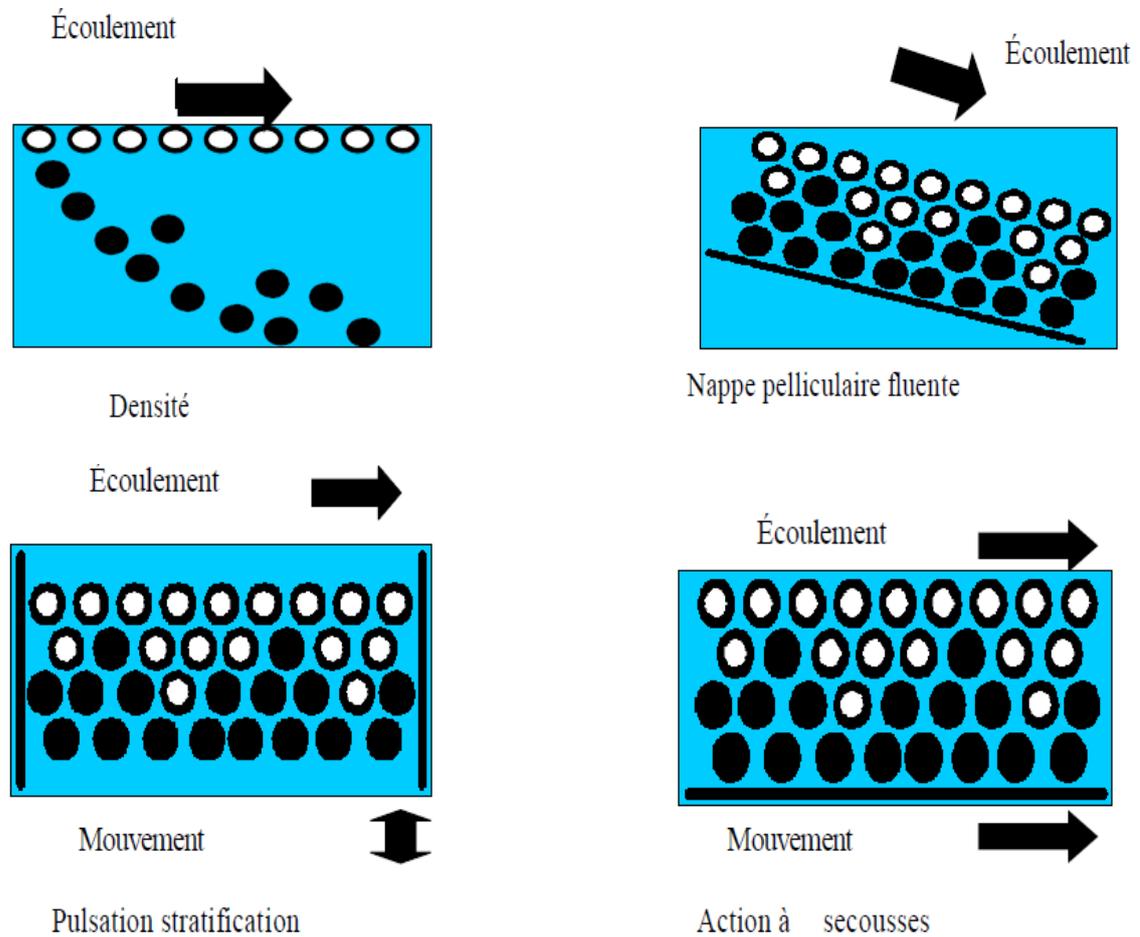
<b>Critère</b>	<b>Applicabilité</b>
<b>&gt; 2,5</b>	<b>Séparation facile pour les particules de 200 µm</b>
<b>2,5 - 1,75</b>	<b>Séparation efficace jusqu'à 100 µm</b>
<b>1,75 - 1,50</b>	<b>Séparation possible mais difficile jusqu'à 10 µm</b>
<b>1,50 à 1,25</b>	<b>Séparation possible mais difficile jusqu'à ¼ de pouce</b>
<b>&lt; 1,25</b>	<b>Séparation presque impossible</b>

Dans notre cas le critère de Taggart est comme suit :

$$C_T = \frac{(\rho_{\text{BaSO}_4} - \rho_f)}{(\rho_{\text{CaCO}_3} - \rho_f)} = \frac{(4,2 - 1)}{(2,72 - 1)} = 1,86$$

Selon le résultat de calcul du critère de Taggart, la séparation gravimétrique est applicable dans le cas des déchets barytiques. Seulement, la pratique a montré que l'utilisation de ce procédé n'assure pas un concentré répondant aux exigences industrielles ou la teneur du concentré en baryte doit atteindre 95% pour l'industrie chimique. [10]

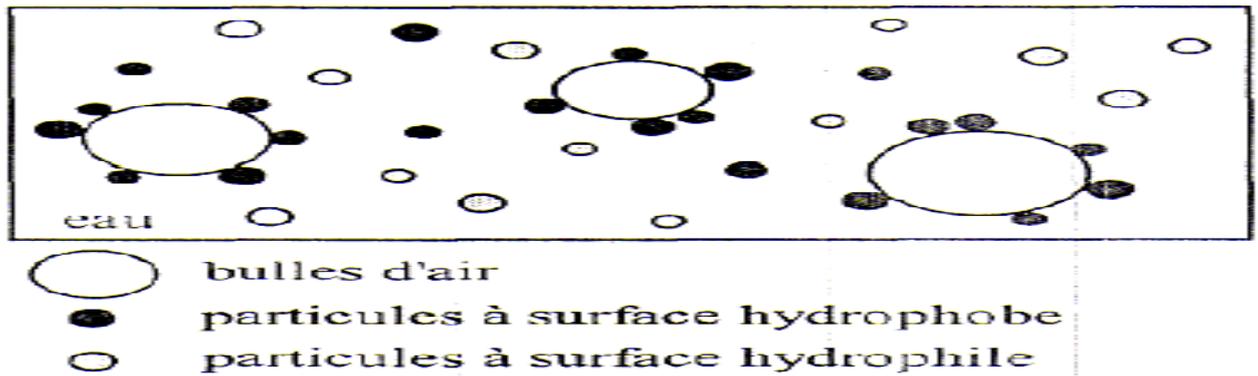
Les différentes phases décrivant la progression de la stratification sont illustrées à la (Figure II.10).



**Figure.II.10** : Les différents mécanismes de séparation gravimétrique [10]

### III.3. Concentration par flottation

Le principe de la flottation est basé sur les propriétés hydrophobes et hydrophiles des surfaces des solides. Ces propriétés peuvent être naturelles ou stimulées à l'aide d'un réactif approprié qui est ajouté dans l'eau ou baignent les particules solides. Lorsque de l'air est introduit sous forme de petites bulles dans un tel milieu, il se produit un transport sélectif des particules hydrophobes. Les particules présentant des surfaces hydrophobes se fixent aux bulles d'air lorsqu'elles entrent en collision avec elles. Ce phénomène est dû à la grande affinité des surfaces hydrophobes pour l'air dont la nature est non-polaire. Les bulles d'air entraînent ces particules jusqu'à la surface de la pulpe ou elles forment une mousse chargée. Par contre, les particules présentant des surfaces hydrophiles ne se lient pas aux bulles d'air et restent en suspension dans la pulpe (Figure II.11). [10]



**Figure II.11** : Fixation des particules à la surface hydrophobe aux bulles d'air [10]

La pulpe doit être préparée adéquatement en fonction des substances à concentrer et cette préparation repose principalement sur l'ajout de différents agents. Les moussants, les collecteurs, les déprimant et les activants sont des réactifs de flottation. La stabilité de la mousse est assurée par les moussants. Les collecteurs ont pour fonction d'adhérer aux surfaces afin de les rendre hydrophobes alors que les déprimants rendent les surfaces hydrophiles. Les activants altèrent les surfaces des particules afin de les rendent plus susceptibles à l'action d'un collecteur. L'activité de la plupart de ces réactifs dépend du pH du milieu, il est donc important de corriger la valeur du pH en fonction des réactifs utilisés.

L'utilisation de la flottation est appropriée pour le traitement de particules dont la taille est comprise entre 5 et 212  $\mu\text{m}$ . Cependant, pour les minéraux légers comme le charbon la limite supérieure est élevée à 1,70 mm. La limite supérieure est dictée par la capacité limitée d'une bulle à soulever un pois. A masse volumique égale, la flottation des grosses particules nécessite des bulles plus volumineuses que la flottation de petites particules. Cette limite est aussi imposée par le détachement des grosses particules de la bulle à laquelle elles sont accrochées.

Le détachement est causé par les forces de friction entre l'eau et le solide durant l'ascension du complexe bulle /particules. En effet, les grosses particules subissent davantage l'effet de la flottation que les petites particules puisque que leur surface est plus grande. Le diamètre des bulles est une caractéristique très importante puisqu'il détermine aussi la surface disponible pour l'adhésion des particules hydrophobes. La surface totale disponible augmente avec la réduction du diamètre des bulles.[10]

En conséquence, il est important de procéder à la classification de la pulpe avant d'accomplir la séparation par la flottation. De plus, la présence de particules ultrafines a un effet négatif sur la flottation. Leur présence peut engendrer deux phénomènes, soit

une augmentation de la consommation de collecteur et une flottation parasitaire. A cause de leur surface spécifique très élevée, les petites particules produisent un effet dramatique sur la consommation de collecteur. Pour sa part, la flottation parasitaire se traduit par la présence indésirable de particules

hydrophiles très fines dans la mousse. Ces dernières sont entraînées accidentellement car elles sont sensibles aux turbulences provoquées par l'ascension des bulles d'air.

L'activité des collecteurs varie grandement en fonction du pH. Celui-ci doit être ajusté par l'ajout d'une base ou d'un acide. La valeur optimale de pH dépend de la nature du minéral (ou substance contaminante) qui doit être concentré par flottation ainsi que du collecteur utilisé. Les conditions optimales de pH sont habituellement prescrites par les manufacturiers de collecteurs. Une telle précaution a souvent pour conséquence de diminuer considérablement la consommation de collecteur. Les moussants sont des agents tensioactifs hétéropolaires de nature organique qui sont adsorbés aux interfaces air /eau (bulles). Les molécules des moussants comportent une tête polaire orientée vers l'eau et une queue non-polaire orientée vers l'air.

Les deux principales fonctions des moussants sont d'assurer une dispersion de bulles fines dans la pulpe et de maintenir une stabilité adéquate de la mousse qui flotte à la surface de la pulpe. En effet, la mousse doit être suffisamment stable dans le but d'éviter le relargage des particules hydrophobes dans la pulpe. Par contre, une mousse trop ferme aura pour effet de nuire au traitement subséquent du concentré obtenu par la flottation. [10]

Les déprimants sont des composés inorganiques dont l'action consiste habituellement à enduire les surfaces d'une façon sélective dans le but de les rendre plus hydrophiles et de diminuer leur affinité pour les collecteurs. L'utilisation des déprimants augmente la sélectivité de la flottation en prévenant la flottation des particules indésirables. L'activité des déprimants varie en fonction du pH de la pulpe. [10]

Les activants sont généralement des sels solubles qui s'ionisent en milieu aqueux. Les ions en solution réagissent avec les surfaces pour favoriser l'adsorption du collecteur. Les activants sont utilisés lorsque les collecteurs et les moussants ne parviennent pas à accomplir la flottation adéquatement. Comme dans le cas des collecteurs et des déprimants, l'activité des activants varie en fonction du pH du milieu.

Les différents réactifs de flottation peuvent être ajoutés simultanément dans le réservoir de conditionnement. Cependant, l'efficacité de la flottation est accrue lorsque l'addition de chaque réactif est effectuée par étapes successives. L'ordre dans lequel ces

étapes doivent être effectuées. Cet ordre est établi en fonction de la nature et de la fonction des réactifs.

L'addition des réactifs peut être accomplie à l'aide d'une pompe péristaltique en différents points du circuit de flottation comme dans les réservoirs de conditionnement ou directement dans les conduites d'alimentation. Lors de l'ajout d'un collecteur, d'un déprimant ou d'un activant, le temps de conditionnement doit être suffisamment long afin de permettre aux différentes réactions chimiques d'avoir lieu. Il s'agit d'une pratique courante qui permet de réduire le temps de flottation. [10]

#### **IV. Influence des éléments nuisibles composant le minerai barytique sur l'environnement**

Le baryum est un métal blanc argenté qui peut être trouvé dans l'environnement, où il existe naturellement. Il y est présent en combinaison avec d'autres produits chimiques tels que le soufre, le carbone et l'oxygène.

A cause de l'utilisation intensive du baryum dans l'industrie, des quantités importantes de baryum ont été ajoutées dans l'environnement. Par conséquent, dans certains lieux, les concentrations de baryum dans l'air, l'eau et le sol peuvent être plus élevées que les concentrations que l'on trouve naturellement.

Le baryum pénètre dans l'air lors des procédés d'exploitation minière, de raffinage, et lors de la production des composés de baryum. Il peut aussi se retrouver dans l'air lors de la combustion du charbon et du pétrole. [11]

Certains composés du baryum qui sont libérés lors des procédés industriels se dissolvent facilement dans l'eau et on peut les trouver dans les lacs, les fleuves et les rivières. Comme ils sont solubles dans l'eau, ces composés peuvent parcourir de longues distances.

Lorsque les poissons et autres organismes aquatiques absorbent les composés de baryum, le baryum s'accumule dans leur corps. Les composés de baryum qui sont persistants restent en général à la surface des sols ou dans les sédiments au fond des eaux. En général, on trouve des niveaux faibles de baryum dans les sols, ces niveaux peuvent être plus élevés dans les sites de déchets dangereux. [11]

**Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons constaté que Parmi les méthodes les plus utilisées pour le traitement de la barytine au niveau mondial on peut citer :

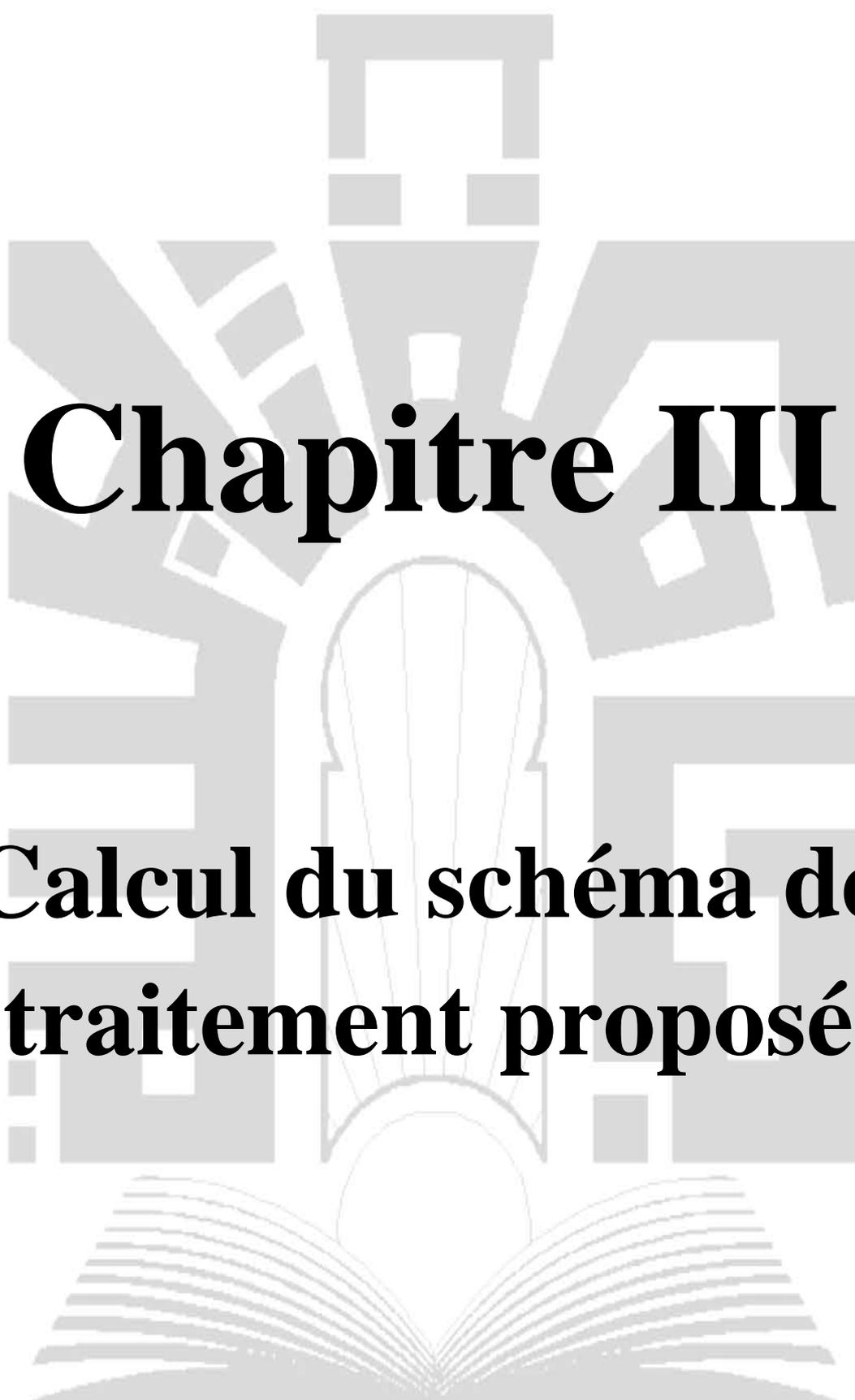
- ❖ La séparation gravimétrique.
- ❖ La séparation optique et radiométrique.
- ❖ La flottation (elle est la plus utilisée surtout pour l'obtention du barytine de haute qualité).

La recherche bibliographique, effectuée pour bien choisir le procédé convenable pour la séparation de la baryte des rejets barytiques, nous ont conduit à obtenir des résultats importants. Selon ces résultats on peut conclure que :

- L'utilisation du procédé de séparation magnétique est défavorable vu que les composants des rejets barytiques ne possèdent aucune susceptibilité magnétique.
- La séparation gravimétrique ne permet pas d'extraire la baryte d'une façon complète, de telle manière on obtient un rejet de 20 à 30% de teneur en BaSO<sub>4</sub>.
- La flottation permet une bonne extraction de BaSO<sub>4</sub> pouvant atteindre jusque 80% .

D'obtenir des concentrés qui peuvent atteindre une teneur  $\geq 80\%$  en BaSO<sub>4</sub> à partir des rejets dont la teneur en sulfate de baryum est  $> 30\%$ .

On propose de traiter les rejets barytiques de boucaïd par le procédé de flottation.



# **Chapitre III**

**Calcul du schéma de  
traitement proposé**

UNIVERSITE DE TEBESSA

**Introduction**

La barytine est très important dans le domaine pétrolier puis que il est utilisé comme une boue de forage, on peut dire que la consommation de la barytine dans le forage est réduite pour cela il faut avoir de nouveaux consommateurs de ce produit (la pharmacie, la chimie...etc.), mais il est nécessaire de trouver une nouvelle méthode de traitement qui nous donne un concentré de barytine qui repend aux exigences de ces divers domaines d'utilisation puis que le concentré obtenue à Bou-caid avec la chaine de traitement actuelle à une teneur limitée qui ne dépasse pas 85 % en BaSo<sub>4</sub> (l'utilisation de ce type de barytine est limité seulement dans le forage pétrolier) en plus de ça dans l'unité de Bou-caid il y a beaucoup perte de barytine dans les rejets qui occupe 32% de la production avec une teneur de 45 % en BaSo<sub>4</sub>.

A partir des données collectées pendant le stage et les informations qui se trouvent dans la recherche bibliographique, on trouve que la flottation est la meilleure technique utilisée pour l'obtention d'un concentré de bonne qualité qui répond aux exigences industriels.

On peut utiliser la même méthode pour l'enrichissement du les rejets barytique. C'est-à-dire On appelle un schéma de flottation, la suite d'opération de flottation et leur combinaison avec les opérations de concassage, broyage et de classification. La première opération d'extraction d'un ou plusieurs type de minerai est appelée flottation principale. Il est impossible d'obtenir par une seule opération principale les concentrés et les rejets.

Les concentrés et les rejets se soumettent à la flottation de répétition cette opération pour le concentré relaveuse. La flottation de répétition des rejets est appelée flottation de contrôle. Le but des opérations relaveuses est d'augmenter la teneur en composant dans les concentrés, c'est-à-dire d'augmenter la qualité , le but des opérations de contrôle est diminuer au maximum la teneur en composante utile dans les rejets c'est-à-dire d'obtenir des rejets pauvres.

## I. Calcul du schéma de broyage et de classification

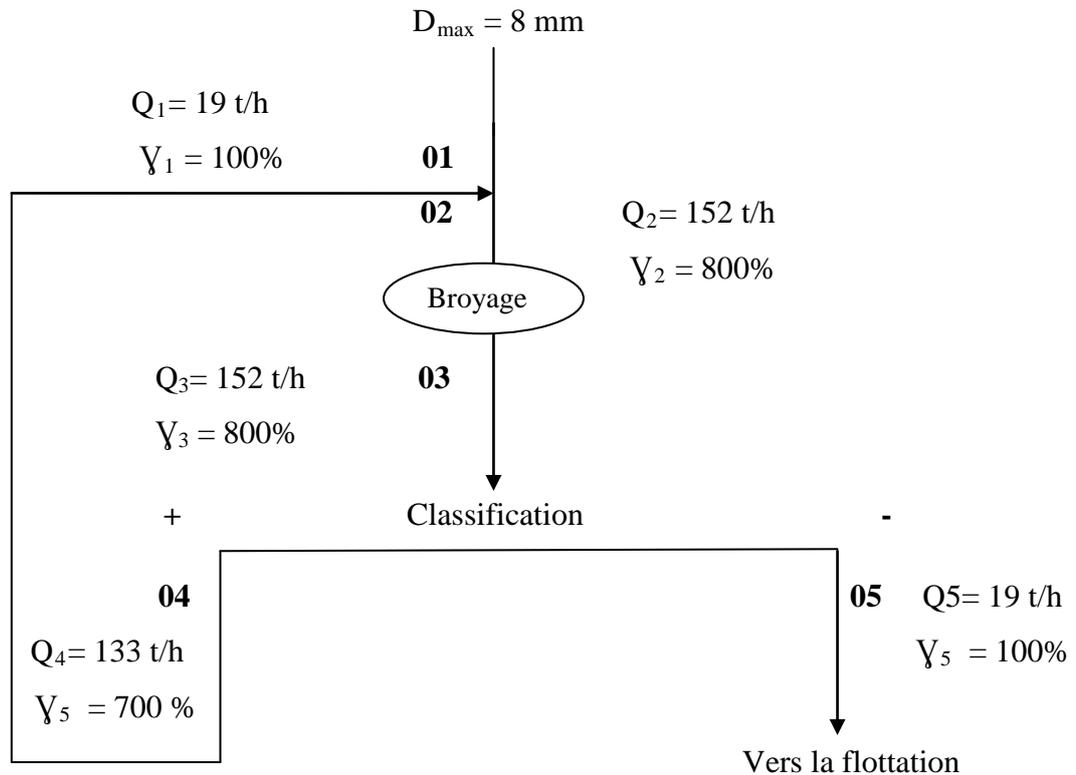


Figure III.01 : schéma de broyage proposé

## I.1. Calcul de broyage

On détermine les poids et les rendements des produits 1,2,3 et 4

-la production annuelle  $P_{an} = 30000 \text{ t/ an}$

-Nombre de jour ouvrables est égale à : 226 j

-Nombre d'heures est égale à : 7 h

$$Q_1 = \frac{P}{(N_j \times N_h)} ; \text{ t/h}$$

$$Q_1 = \frac{30000}{(226 \times 7)} = 19 \text{ t/h}$$

$$Y_1 = 100\%$$

Pour la charge circulant d'un minerais est compris entre 5 et 7, on fixe  $C = 700\%$

$$Q_4 = \frac{Q_1 \cdot c \cdot Y}{100} ; \text{ t/h} \quad \text{alors} \quad Q_4 = \frac{19 \times 7 \times 100}{100} = 133 \text{ t/h}$$

$$Y_4 = c \cdot Y_1 = 7 \times 100 = 700\%$$

$$Q_2 = Q_1 + Q_4 = 19 + 133 = 152 \text{ t/h}$$

$$Y_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot 100 \quad \longrightarrow \quad Y_2 = \frac{152}{19} \cdot 100 = 800\%$$

$$Y_3 = Y_2 = 800\%$$

$$Q_3 = Q_4 + Q_5 \text{ donc } Q_5 = Q_3 - Q_4 = 152 - 133 = 19 \text{ t/h}$$

$$Y_5 = \frac{Q_5}{Q_1} \cdot 100 = \frac{19}{19} \times 100 \longrightarrow Y_5 = 100\%$$

En fonction de la productivité de l'usine il faut choisir pour une comparaison trois types de broyeur avec des différentes dimensions.

-les trois types de broyeur:

- Le broyeur étalon (2700X3600) (D.L)
- Broyeur à boulet (2700X2100)
- Broyeur à boulet (2700X3600)
- Broyeur à grille (3200X3100)

#### ➤ Détermination de la charge spécifique

On a déterminé la charge spécifique selon la formule suivante :

$$Q_4 = \frac{Q_5 \cdot (B_F - B_{\min})}{V}$$

Où :

$B_F$  : teneur de classe 0.074 mm dans le produit broyé.

$$B_F = 45\%$$

$B_{\min}$  : teneur de la classe 0.074 mm dans l'alimentation de broyeur.

$$B_{\min} = 10\%$$

$V$  : volume de travail du broyeur étalon

$$V = 18 \text{ m}^3$$

Donc la charge spécifique est égale à :

$$q_e = [19 \times (0.45 - 0.1)] / 18 = 0.36 \text{ t/m}^3 \cdot \text{h}$$

Détermination des rendements spécifiques de chaque broyeur avec le diamètre choisi

$D_1$  ;  $D_2$  ;  $D_3$  d'après la formule suivante :

$$q_d = q_e \cdot k_b \cdot k_g \cdot k_D \cdot K_t$$

$K_b$ : coefficient prenant en considération la distinction en broyabilité du minerai qui est projeté au traitement et du minerai étalon. Dans notre cas on peut prendre

$$K_b=1$$

$K_g$  : coefficient prenant en considération la distinction en grosseur de produit avant et après le broyage en comparaison des conditions étalons.

$K_D$  : coefficient prenant en considération la distinction en diamètre de broyeur calculé et de broyeur étalon

$$K_D = \sqrt{\frac{D-0,15}{D_e-0,15}}$$

$$D_e = 2,7m$$

$$K_t : 1,1 \div 1,15$$

$$K_g = \frac{m}{m_e} \text{ où}$$

$m$  : rendement relatif du broyeur lors des conditions données

$$m = 0,81$$

$m_e$  : rendement relatif du broyeur lors des conditions étalon

$$m_e = 0,6$$

$$k_g = 1,35$$

Après le choix des coefficients on calcule les charges spécifiques selon la classe de calcul -0,074mm pour chaque broyeur choisi.

➤ Pour le broyeur à boulet (2700X2100):

$$K_{D1} = \sqrt{\frac{2,7-0,15}{2,7-0,15}} = 1$$

$$q_{D1} = 0,36 \times 1,35 \times 1,1 \times 1 \times 1 = 0,54$$

➤ Pour le broyeur à boulet (2700X3600):

$$K_{D2} = \sqrt{\frac{2,7-0,15}{2,7-0,15}} = 1$$

$$q_{D2}=0,36 \times 1,35 \times 1,1 \times 1 \times 1 =0.54$$

➤ Pour le broyeur à grille (3200X3100) :

$$K_{D3} = \sqrt{\frac{3,2-0,15}{2,7-0,15}} = 1,1$$

$$\text{Donc : } q_{D3}=0,36 \times 1,35 \times 1,1 \times 1,1 \times 1 = 0.58$$

Détermination de la production théorique de chaque broyeur en t/h. On ne prend pas en considération la charge circulante.

$$Q_{D1} = q_{D1} \cdot \pi (D_1 - 0.15)^2 \cdot L_1 / 4(B_4^{-0.074} - B_1^{-0.074})$$

$$Q_{D1} = \frac{0,54 \times 3,14(2,7-0,15)^2 \times 2,1}{4(0,6-0,1)} = 11,57 \text{ t/h}$$

$$Q_{D2} = q_{D2} \cdot \pi (D_2 - 0.15)^2 \cdot L_2 / 4(B_4^{-0.074} - B_1^{-0.074})$$

$$Q_{D2} = \frac{0,54 \times 3,14(2,7-0,15)^2 \times 3,6}{4(0,6-0,1)} = 19,84 \text{ t/h}$$

$$Q_{D3} = q_{D3} \cdot \pi (D_3 - 0.15)^2 \cdot L_3 / 4(B_4^{-0.074} - B_1^{-0.074})$$

$$Q_{D3} = \frac{0,58 \times 3,14(3,2-0,15)^2 \times 3,1}{4(0,6-0,1)} = 26,25 \text{ t/h .}$$

On calcule le nombre des broyeurs pour chaque type :

$$n_1 = \frac{Q_1}{Q_{D1}} = \frac{19}{11,57} = 1,64 ; n_1^1 = 2 ; K_1 = \frac{n_1}{n_1} = \frac{1,64}{2} = 0,82$$

$$n_2 = \frac{Q_1}{Q_{D2}} = \frac{19}{19,84} = 0,95 ; n_2^2 = 1 ; K_2 = \frac{n_2}{n_2} = \frac{0,95}{1} = 0,95$$

$$n_3 = \frac{Q_1}{Q_{D3}} = \frac{19}{26,25} = 0,72 ; n_3^3 = 1 ; K_3 = \frac{n_3}{n_3} = \frac{0,72}{1} = 0,72$$

**Tableau III.01:** Caractéristique technique des broyeurs choisis

Broyeur à boulets et à grille DXL	Nombre de broyeurs		Coefficient d'exploitation	Poids, t		Puissance installée, KW	
	D'après le calcul	Il faut installer		L'un	total	L'un	Total
2700X2100	1,64	2	0,82	68	136	315	630
2700X3600	0,95	1	0,95	78,5	78,5	400	400
3200X3100	0,72	1	0,72	95,6	95,6	630	630

Donc le broyeur qu'il faut installer c'est : le broyeur à boulet (2700X3600)

Par ce que le coefficient d'exploitation est plus grand que les deux broyeurs et le poids des équipements et la puissance électrique sont inférieurs aux autres.

**Tableau III.02 :** Caractéristiques techniques du broyeur à boulet, BBG(2700X3600)

Broyeur à boulet DXL	Nombre de broyeurs	Coefficient d'exploitation	Poids, t		Puissance installée, KW	
			L'un	Total	L'un	total
2700X3600	1	0,95	78,5	78,5	400	400

**Tableau III.03 :** Les paramètres techniques de broyeur à boulet BBG(2700X3600)

Paramètres	Broyeur à boulet (2700X3600)
Diamètre intérieur du tambour (sans revêtement) , mm	2700
Longueur de tambour L, mm	3600
Volume nominal du tambour V, m <sup>3</sup>	17,5
Vitesse de rotation du tambour t/min	21
Puissance du moteur électrique KW	400
-de la charge de boulets t	42

## I.2. Calcul des classificateurs

On installe pour un cycle fermé un classificateurs à spirale immergée.

On peut détermine le diamètre du classificateur à spirale immergée d'après la formule suivantes :

$$D = 0,07 + 0,115 \sqrt{\frac{Q_d}{m \cdot a \cdot b}}$$

Où :

D : diamètre de la spirale (m)

Q<sub>d</sub> : quantité de solide dans un débordement de chaque classificateur t/j.

m : nombre des spirales dans un classificateur une ou bien deux : m = 2.

a : correction de grosseur du débordement a=1,76

b : correction de densité du matériau b=1,15

On fixe le nombre des classificateurs n d'après le nombre des broyeurs acceptés ou montage et on détermine le rendement d'un classificateur selon un débordement par jour Q<sub>d</sub>.

$$Q_d = \frac{Q_1 \times 24}{n_1} = \frac{19 \times 24}{1} = 456 \text{ t/j.}$$

➤ détermination de diamètre de classificateur :

$$D = 0,07 + 0,115 \sqrt{\frac{456}{2 \times 1,76 \times 1,15}}$$

$$D = 0,85 \text{ m}$$

Donc le classificateur d'après le diamètre de spirale est : 1 CSNI-10

**Tableau III.04 :** Les paramètres technique du classificateur.

Paramètres	Type de classificateur (1 CCSNI-3)
Nombre de spirales	1
Diamètre des spirales, mm	1000
Dimension de la cuve, mm	
longueur.....	6500
largeur.....	1100
Vitesse de rotation des spirales, tr/min	1,6-76
Puissance des moteurs électriques, KW	
-pour une commande des spirales.....	7
-pour une montée des spirales.....	1,7
Inclinaison de la cuve ayant la forme trapézoïdale, degré.....	14-18
Masse sans équipement électriques, t	3,87*

Où :

\* : poids avec le moteur électriques

La vérification du rendement selon des sables

$$Q_s = 135.m.b.n.D^3$$

n : vitesse de rotation d'une spirale tour/min.

$$m=2$$

$$b=1,15$$

$$Q_s = 135.m.b.n.D^3 = 135 \times 2 \times 1,15 \times 76 \times (0,85)^3$$

$$Q_s = 14492,12 \text{ t/j.}$$

On compare la valeur calculée  $Q_s$  avec le rendement d'un classificateur selon des sable : c'est-à-dire il faut que :

$$Q_s \geq \frac{24.Q5}{n}$$

Où :

n : nombre de classificateur  $n=1$

$$Q_s = \frac{24.Q5}{n} = \frac{24 \times 19}{1} = 456t/24h$$

$$\Rightarrow Q_s \geq \frac{24.Q5}{n}$$

On a proposé la flottation comme méthode d'enrichissement, il existe dans le monde entier des milliers de laveries qui traitent par flottation des minerais ferreux, non ferreux et rares, minerais de barytine, des autres sulfures, feldspath, fluorine...

Il contribue à la résolution de plusieurs problèmes comme l'exploitation des gisements pauvres, valorisation des minéraux complexes, traitement des schlamms. D'après la recherche bibliographique, la flottation est la plus utilisée dans les pays Producteurs de la barytine (Bulgarie, Grande Brtaine ...etc.).

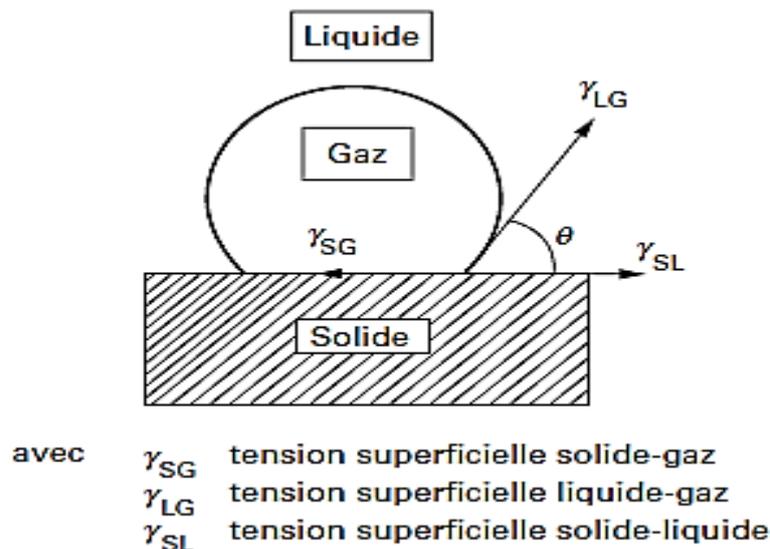
La technique de jigage est limitée pour le traitement du minerai barytique surtout pour les fines, Donc la flottation est la méthode la plus efficace pour augmenter la teneur en  $BaSO_4$  pour le minerai barytique de boucaid.

## II. Généralités sur la flottation

La flottation est un procédé d'enrichissement de plusieurs minéraux utiles. Il existe dans le monde entier des milliers de laveries qui traitent les sulfates, sulfures, feldspaths, fluorine et pour les minéraux rares et non ferreux il n'existe d'autres procédés d'enrichissement plus efficace que la flottation. Comme tous les procédés de traitement, la flottation est basée sur la différence en propriétés des minéraux à séparer. On utilise pour cela la différence en propriétés physico-chimiques de surfaces des minéraux et plus précisément la différence de leurs énergies superficielles libres. En effet certains minéraux plongés dans un liquide, sont hydrophobes leurs surfaces ne mouillent pas et ils ont tendance à s'attacher des bulles d'aires qui remontent à la surface du bain. D'autres minéraux sont hydrophiles, ils ne s'attachent pas aux bulles d'aires et restent en suspension dans le bain. La grosseur des particules à flotter ne doit pas dépasser

0,6mm. Le système de flottation est hétérogène ; il comprend trois phases liquides, solides et gazeuses, qui forment trois surfaces de séparation (trois interphases) : liquides-solide (L-S), liquide-gaz (L-G) et solide-gaz (S-G). Chaque interphase se caractérise par sa valeur d'énergie superficielle libre. [17]

Le domaine d'application de la flottation est théoriquement illimité. N'importe quel minéral peut être séparé par la flottation parce qu'il n'existe pas dans la nature des minéraux ayant la même valeur d'énergie spécifique superficielle libre. La pratique d'enrichissement confirme la possibilité d'application de la flottation pour la séparation de tous les minéraux et l'importance de la flottation dans l'industrie s'accroît toujours. L'application de la flottation s'élargit toujours. La flottation occupe la première place parmi les autres procédés d'enrichissement d'après la qualité et la variété de la matière première traitée. [17]



**Figure III.02:** Angle de contact pour un système solide-liquide-gaz [14]

## II.2 L'efficacité de la flottation [18]

L'efficacité de la flottation dépend des conditions suivantes :

1. Grosseurs du minerai à flotter.
2. Densité de la pulpe.
3. Régime des réactifs de flottation.
4. Intensité d'aérage et d'agitation de la pulpe.
5. Intensité de déchargement de la mousse.
6. Température de la pulpe.
7. Durée de la flottation.

8. Schéma de la flottation.

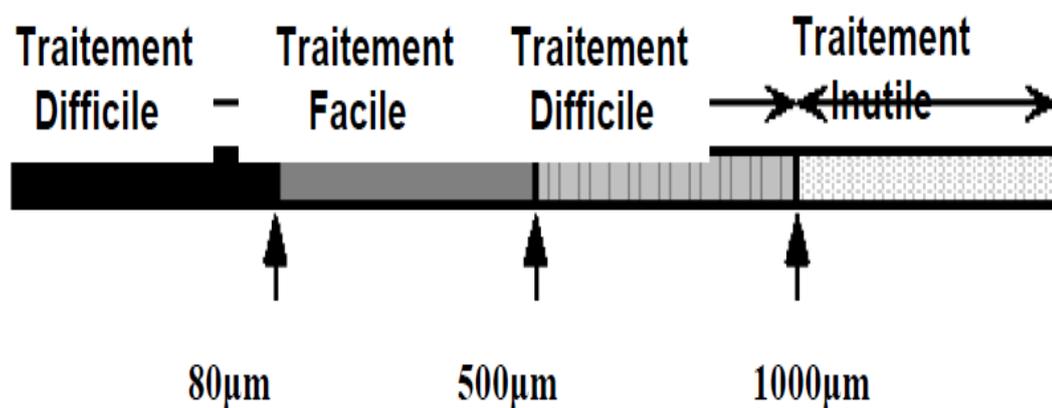
9. Le débit de la pulpe qui entre dans la machine de flottation.

### II.3 Grosseurs des minerais à flottés

Cette grosseur doit assurer :

- La fixation de la particule sur la bulle d'air ; la densité de l'ensemble (particule + bulle d'air doit être inférieure à celle de la pulpe).
- Les composantes du minerai (minéraux utiles et gangue stérile doivent être entre eux pour une flottation collective les minéraux utiles doivent être libérées de la gangue stérile et libérées entre eux pour une flottation sélective).
- Les particules fines (schlamms) exercent une influence négative sur le procédé de la flottation. Il se colle au bulle d'air et empêche le contact de la particule avec la bulle d'air ; ou en se collant sur la surface des particules agissent comme déprimant.

D'après l'expérience la grosseur est caractérisée en dépendance des coefficients d'extractions. [18]



**Figure III. 03:** Degré de facilité à enrichir par flottation en fonction de la grosseur des particules [10]

### II.4 .La densité de la pulpe

La densité est caractérisée par la dilution ou par la teneur en solide (quantité du solide qui se trouve dans un volume du liquide bien déterminé).

La densité exerce une grande influence sur les indices technologiques de la flottation. La densité de la pulpe dépend de la grosseur et de la densité des minerais à flotter ainsi que la destination de l'opération de flottation et de la quantité du produit de mousse. [18]

### II.5 Régime des réactifs de flottation

Le régime des réactifs consiste à définir leur nomenclature et la durée de contact entre la pulpe et les réactifs :

- La gamme des réactifs de flottation ;
- Le dosage des réactifs de flottation ;
- Les points de chargement des réactifs ;
- Durée du contact des réactifs de flottation avec la pulpe.

Le régime des réactifs de flottation est établie par les expériences d'après les travaux déjà réalisés sur le même type de minerai à concéderai et par étude de la documentation des lavers déjà en activité. [18]

1. Régulateur du milieu : en ajoute les régulateurs dans le cycle de broyage.
2. Déprimants dans les broyeurs ou dans les classificateurs.
3. Collecteurs : dans les cuves de contacte.
4. Activant : après le premier stade de flottation.

### II.5 Intensité d'aéragage et d'agitation de la pulpe

L'aéragage de la pulpe est nécessaire pour la formation des bulles d'air il est caractérisé par la quantité de l'air passant par l'unité de temps à travers l'unité de surface de la cellule de flottation ( $1 / m^2 \cdot mn$ ) . Ou par la quantité d'air passant pendant l'unité de temps à travers le volume de la pulpe ( $1/m^3 \cdot mn$ ), La quantité d'air et l'agitation dépend de type de la machine utilisé. [18]

### II.6 Intensité de déchargement de la mousse

On utilise deux modes de déchargement de la mousse :

- 1- Déchargement intensif : dans ce cas la couche de la mousse est évacuée d'après toute la hauteur, on utilise ce mode dans les opérations de la flottation principale et de contrôle.
- 2- Déchargement non intensif : dans ce cas on décharge la partie supérieure de la couche de la mousse, on utilise ce mode dans les opérations de relevage. [18]

### II.7. Température de la pulpe

Le procédé de flottation est accompagné par des phénomènes physico-chimiques qui dépendent de la température de la pulpe. L'augmentation de la température de la pulpe provoque une meilleur disparation des collecteurs et des moussants et augmente ainsi la vitesse de flottation. [18]

### II.8. Durée de la flottation

Le temps optimal de la flottation dépend de la flottabilité des minéraux à concéderai il est déterminé par des facteurs économiques. En dépendance de temps de flottation en distingue :

- Les minerais faiblement flottant :  $t > 25$  mn.
- Les minerais moyennement flottant :  $t = (15 / 25)$  mn.
- Les minerais facilement flottant :  $t = (5/15)$  mn.

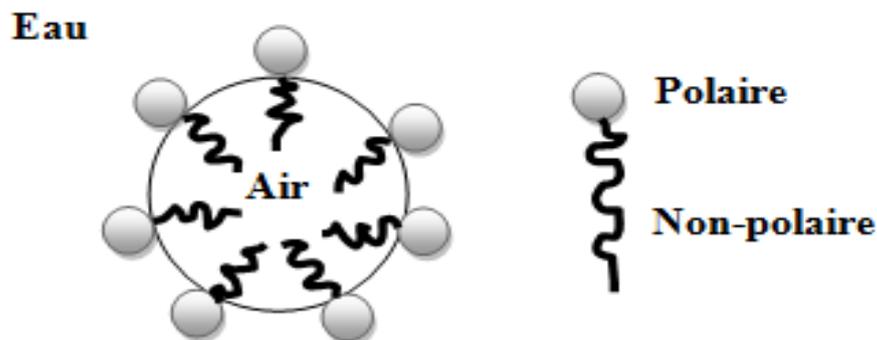
En peut caractériser la cinétique de flottation par la dépendance du degré d'extraction et le temps de flottation. [18]

### II.9.Réactifs de flottation

Le rôle des réactifs de flottation est de désigné le changement d'énergie superficielles des interphases dans le but de changer les indices de flottabilité des minéraux a séparé , la quantité et les dimensions des bulles d'air et leur rigidité .les réactifs de flottation peuvent être d'origine organique ou non organique la classification actuelle des réactifs est basé sur leurs rôle, on distingue les classes des réactifs suivantes:

#### II.9.1. Moussants

Les moussants sont des agents tensioactifs hétéropolaires de matière organique qui sont absorbé sur l'interface [air-eau](bulles) les particules des moussants comportent une tête polaire orienté vers l'eau et la non polaire vers l'air. Parmi les plus utilisés on a huile de pin et alcool aliphatique...etc [14]



FigureIII.04 : Action du moussant [14]

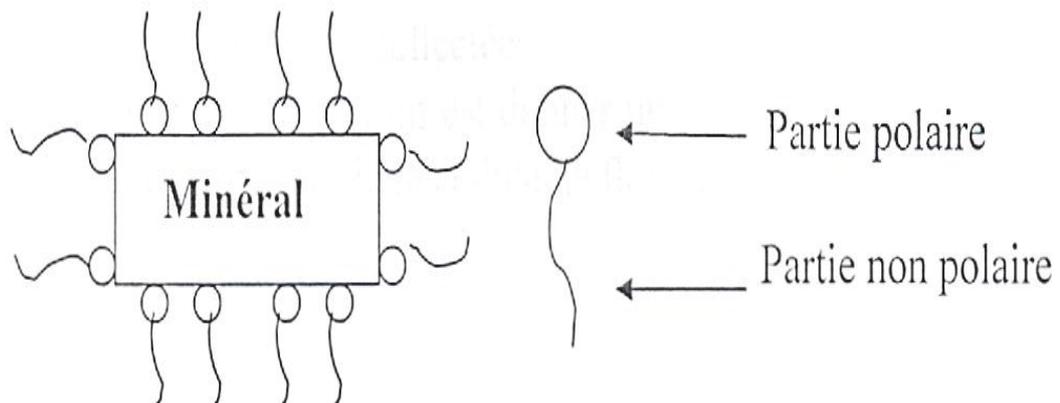
### II.9.2. Déprimants

Ils sont des composés inorganique dans l'action consiste habituellement à enduire les surfaces d'une façon sélective dans le but de les rendre plus hydrophile et de diminuer leur affinité pour les collecteurs. L'utilisation des déprimants augmente la sélectivité de la flottation on prévenant la flottation des particules indésirables. [14]

### II.9.3. Collecteurs

Les collecteurs sont des molécules organique ou des ions qui sont adsorbés sélectivement sur certain surface afin de les rendre hydrophobes, se sont donc les agents de flottation les plus importants et les plus critique.

Les collecteurs sont généralement des composés hétéropolaires comme il est possible de le constater à la figure suivant :



**Figure III.05 :** Adsorption du collecteur pour la surface du minéral [14].

### II.9.4. Activants

Les activants sont généralement des sels solubles qui s'ionisent on milieu aqueux. Les ions on solution réagissent avec les surfaces pour favoriser l'adsorption des collecteurs. activants sont utilisés lorsque les collecteurs et les moussants ne parviens pas à accomplir la flottation d'une manière adéquatement comme dans le cas des collecteurs et déprimants : l'activité des activants varie en fonction du PH du milieu. Ils facilitent la fixation des collecteurs sur la surface des minéraux, donc leur action permet la réduction ou l'augmentation de la mouillabilité des minéraux ainsi que la formation d'une écume stable et durable. [14]

### II.9.5. Régulateurs du milieu

Les régulateurs du milieu sont des réactifs qui influent sur les processus d'interaction des collecteurs, des déprimants et des activants avec la surface minérale. Leur rôle principal est de régler la composition ionique de la pulpe, le processus de dispersion et la coagulation des fines.

#### **-Schéma de la flottation**

- La 1<sup>er</sup> opération d'extraction des minéraux en flottation s'appelle flottation principale lors de cette opération on obtient un concentré non conditionné et des rejets riches ces deux produits par fois après leur rebroyage sont soumis à d'autres opérations de flottation. [18]
- La flottation du concentré de la flottation principale s'appelle flottation relaveuse son but est l'amélioration de la qualité du concentré, le nombre des opérations de relevage est de 2 à 4.
- La flottation des rejets de la flottation principale s'appelle flottation de contrôle, son but est la récupération du minéral utile perdu avec les rejets et l'obtention d'un stérile final, le nombre des opérations de contrôle est de 2 à 3.
- L'ensemble des opérations principales relaveuse et de contrôle s'appelle cycle de flottation.
- Un schéma de flottation peut comprendre plusieurs cycles de flottation qui sont nommés selon le concentré obtenu.
- Le stade d'enrichissement est un ensemble d'opération de broyage de classification et des cycles de flottation à la fin, on obtient un seul ou plusieurs produits finaux. [18]

### II.10 Le débit de la pulpe

La vitesse de flottation dépend du volume de la pulpe passant à travers la cellule de flottation par l'unité de temps. L'augmentation du volume de la pulpe augmente la vitesse de flottation et en même temps diminue le temps de contact (bulle d'air- solide - réactif) nécessaire pour obtenir le degré d'extraction définie.

Le courant optimal de la pulpe dépend de type de la machine de flottation et de volume de la cellule de cette dernière. [18]

### III L'épaississement

L'épaississement est un procédé d'égouttage basé sur la sédimentation naturelle des particules fines constituant, la pulpe sous l'action de la pesanteur pour les concentrés fins inférieurs à 0,2 mm.

L'épaississement s'effectue dans des appareils qui peuvent être classés en deux groupes d'après la force motrice de la sédimentation des particules.

1- Appareils de 1er groupe dit épaississeur de la décantation réalisé sous l'action des forces gravitationnelles.

2- Appareils de 2ème groupe dit hydro-cyclone, la séparation du liquide et de solide sous l'action des forces centrifuges. [18]

### IV Filtration

Le but d'une opération de filtration est la séparation d'une phase continue (liquide ou gaz) d'une phase dispersée (solide) initialement mélangé. Suivant les cas, on cherche à récupérer soit la phase contenue débarrasser au maximum de la phase dispersée (filtration de l'air de l'eau des huiles.....etc), Soit la phase dispersée (récupération d'un précepte, des Poussières...etc) . Soit l'autre phase. [18]



**V. Calcul du schéma de flottation**

1) On détermine le nombre nécessaire des indices de départ d'après la formule suivante

Ou :

$$N = C(1 + N_s - A_s) - 1$$

C : Nombre de produits de séparation (concentré et rejet) C=2

N<sub>s</sub> : Nombre de produit de séparation N<sub>s</sub>=8

A<sub>s</sub> : Nombre des opérations de séparation A<sub>s</sub>= 4

$$\text{Donc : } N = 2(1+8-4)-1$$

$$N = 9$$

N<sub>pt</sub> : nbr de produit de traitement

$$N_{pt} = C (N_s - a_s)$$

$$N_{pt} = 2(8-4)$$

$$N_{pt} = 8$$

N<sub>pt</sub> : donc il faut prendre 8 donnée départ pour faire le calcul :

On calcul le nombre d'indices de départ se rapportant aux produit de traitement

$$M_n = c(N_s - A_s)$$

$$M_n = 2(8 - 4) = 8$$

Le nombre d'indices d'extraction peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$N_{\varepsilon} = M_s - A_s = 8 - 4$$

$$N_{\varepsilon} = 4$$

On détermine le nombre d'indices de teneur à l'aide de la formule suivante :

$$N_n = N_{\varepsilon} + N_{\beta} + N_{\gamma}$$

Donc :

$$N_n = N_{\varepsilon} + N_{\beta}$$

$$N_{\beta} = 8 - 4 \text{ alors } N_{\beta} = 4$$

2) Calcul des teneurs en composant utile des rendements et des degrés d'extraction :

-Le degré d'extraction est calculé d'après la formule suivante :

$$\varepsilon_n = \frac{Y_n \beta_n}{\beta_1}$$

Ou :

$\varepsilon_n$  : Degré d'extraction du minéral utile dans le produit n en %

$Y_n$ : Rendement du produit n en %

$\beta_n$ : Teneur en minéral utile dans le produit n en %

-On calcule les débits d'après la formule suivante :

$$Q_n = \frac{Y_n Q_1}{100} \text{ t/h}$$

$Q_n$ : Poids du produit n en t/h

$Y_n$ : Rendement du produit n en %

$Q_1$ : Poids du produit initial en t/h

Donnés de départ :

$$\beta_8 = 55 \% \quad ; \quad \beta_{10} = 22 \% \quad ; \quad \beta_{13} = 70 \% \quad ; \quad \beta_{15} = 80 \%$$

$$Y_7 = 60 \% \quad ; \quad Y_{12} = 55 \% \quad ; \quad Y_{14} = 30 \% \quad ; \quad Y_{15} = 52,5 \% \quad ; \quad Y_5 = 100\%$$

### V.1. Détermination des teneurs et rendements de tous les produits

On calcule les rendements et les teneurs en composant utile dans tous les produits ( $\gamma$ ,  $\beta$ )

- Calcul du rendement de produit 13

$$Y_{13} = Y_{14} + Y_{15} = 30 + 52,5$$

$$Y_{13} = 82,5 \%$$

- Calcul du rendement de produit 9

$$Y_9 = Y_5 - Y_{15} = 100 - 52,5$$

$$Y_9 = 47,5 \%$$

- Calcul du rendement de produit 10

$$Y_{10} = Y_7 - Y_9 = 60 - 47,5$$

$$Y_{10} = 12,5 \%$$

- Calcul du rendement de produit 11

$$Y_{11} = Y_{12} + Y_{13} = 55 + 82,5$$

$$Y_{11} = 137,5 \%$$

- Calcul du rendement de produit 6

$$Y_6 = Y_5 + Y_{10} + Y_{12} = 100 + 12,5 + 55$$

$$Y_6 = 167,5 \%$$

- Calcul du rendement de produit 8

$$Y_8 = Y_6 - Y_7 = 167,5 - 60$$

$$Y_8 = 107,5 \%$$

## V.2. Calcul de la teneur :

- Teneur en minéral utile dans le produit 14

$$\beta_{13} Y_{13} = \beta_{14} Y_{14} + \beta_{15} Y_{15}$$

$$\beta_{14} = \frac{\beta_{13} Y_{13} - \beta_{15} Y_{15}}{Y_{14}} = \frac{82,5 \times 70 - 52,5 \times 80}{30}$$

$$\beta_{14} = 52,5 \%$$

- Teneur en minéral utile dans le produit 11

$$\beta_{11} Y_{11} = \beta_{14} Y_{14} + \beta_8 Y_8$$

$$\beta_{11} = \frac{\beta_{14} Y_{14} + \beta_8 Y_8}{Y_{11}} = \frac{30 \times 52,5 + 107,5 \times 55}{137,5}$$

$$\beta_{11} = 54,45 \%$$

- Teneur en minéral utile dans le produit 12

$$\beta_{11} Y_{11} = \beta_{13} Y_{13} + \beta_{12} Y_{12}$$

$$\beta_{12} = \frac{\beta_{11} Y_{11} - \beta_{13} Y_{13}}{Y_{12}} = \frac{54,45 \times 137,5 - 70 \times 82,5}{55}$$

$$\beta_{12} = 31,13 \%$$

- Teneur en minéral utile dans le produit 09

$$\beta_5 Y_5 = \beta_9 Y_9 + \beta_{15} Y_{15}$$

$$\beta_9 = \frac{\beta_5 Y_5 - \beta_{15} Y_{15}}{Y_9} = \frac{45 \times 100 - 80 \times 52,5}{47,5}$$

$$\beta_9 = 6,315 \%$$

- Teneur en minéral utile dans le produit 7

$$\beta_7 Y_7 = \beta_9 Y_9 + \beta_{10} Y_{10}$$

$$\beta_7 = \frac{\beta_9 Y_9 - \beta_{10} Y_{10}}{Y_7} = \frac{6,31 \times 47,5 + 22 \times 12,5}{60}$$

$$\beta_7 = 9,5 \%$$

- Teneur en minéral utile dans le produit 6

$$\beta_6 Y_6 = \beta_7 Y_7 + \beta_8 Y_8$$

$$\beta_6 = \frac{\beta_7 Y_7 + \beta_8 Y_8}{Y_6} = \frac{9,5 \times 60 + 55 \times 107,5}{167,5}$$

$$\beta_6 = 38,7 \%$$

### V.3. Calcul des coefficients d'extraction( $\epsilon$ )

$$\epsilon_n = \frac{\beta_n Y_n}{\beta_1} (\%)$$

$\epsilon_n$  : degré d'extraction du minéral utile dans le produit n en %

$Y_n$  : Rendement du produit n en %

$\beta_n$  : Teneur en minéral utile dans le produit n en %

$$\beta_1 = \beta_5 = 45\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 6

$$\epsilon_6 = \frac{\beta_6 Y_6}{\beta_5} = \frac{38,7 \times 167,5}{45}$$

$$\epsilon_6 = 144,5\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 7

$$\epsilon_7 = \frac{\beta_7 Y_7}{\beta_5} = \frac{9,5 \times 60}{45}$$

$$\epsilon_7 = 12,66\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 8

$$\varepsilon_8 = \frac{\beta_8 \gamma_8}{\beta_5} = \frac{55 \times 107,5}{45}$$

$$\varepsilon_8 = 131,3\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 9

$$\varepsilon_9 = \frac{\beta_9 \gamma_9}{\beta_5} = \frac{6,31 \times 47,5}{45}$$

$$\varepsilon_9 = 6,66\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 10

$$\varepsilon_{10} = \frac{\beta_{10} \gamma_{10}}{\beta_5} = \frac{22 \times 12,5}{45}$$

$$\varepsilon_{10} = 6,11\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 11

$$\varepsilon_{11} = \frac{\beta_{11} \gamma_{11}}{\beta_5} = \frac{54,45 \times 137,5}{45}$$

$$\varepsilon_{11} = 166,37\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 12

$$\varepsilon_{12} = \frac{\beta_{12} \gamma_{12}}{\beta_5} = \frac{31,13 \times 55}{45}$$

$$\varepsilon_{12} = 38,04\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 13

$$\varepsilon_{13} = \frac{\beta_{13} \gamma_{13}}{\beta_5} = \frac{70 \times 82,5}{45}$$

$$\varepsilon_{13} = 128,33\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 14

$$\varepsilon_{14} = \frac{\beta_{14} \gamma_{14}}{\beta_5} = \frac{52,5 \times 30}{45}$$

$$\varepsilon_{14} = 35\%$$

- Calcul du coefficient d'extraction dans le produit 15

$$\varepsilon_{15} = \frac{\beta_{15} \gamma_{15}}{\beta_5} = \frac{80 \times 52,5}{45}$$

$$\varepsilon_{15} = 93,33\%$$

#### V.4. Calcul du débit de chaque produit

On détermine le débit de tous les produits à l'aide de la formule suivante :

$$Q_n = \frac{\gamma_n \cdot Q_5}{100}$$

Ou :

$Q_n$  : Poids du produit n en t/h

$\gamma_n$  : Rendement du produit n en

$Q_5$  : Poids du produit initial en t/h

- La production dans le produit 6

$$Q_6 = \frac{\gamma_6 \cdot Q_5}{100} = \frac{167,5 \times 19}{100}$$

$$Q_6 = 31,825 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 7

$$Q_7 = \frac{\gamma_7 \cdot Q_5}{100} = \frac{60 \times 19}{100}$$

$$Q_7 = 11,4 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 8

$$Q_8 = \frac{\gamma_8 \cdot Q_5}{100} = \frac{107,5 \times 19}{100}$$

$$Q_8 = 20,425 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 9

$$Q_9 = \frac{\gamma_9 \cdot Q_5}{100} = \frac{47,5 \times 19}{100}$$

$$Q_9 = 9,025 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 10

$$Q_{10} = \frac{y_{10}.Q_5}{100} = \frac{12,5 \times 19}{100}$$

$$Q_{10} = 2,375 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 11

$$Q_{11} = \frac{y_{11}.Q_5}{100} = \frac{137,5 \times 19}{100}$$

$$Q_{11} = 26,125 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 12

$$Q_{12} = \frac{y_{12}.Q_5}{100} = \frac{55 \times 19}{100}$$

$$Q_{12} = 10,45 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 13

$$Q_{13} = \frac{y_{13}.Q_5}{100} = \frac{82,5 \times 19}{100}$$

$$Q_{13} = 15,675 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 14

$$Q_{14} = \frac{y_{14}.Q_5}{100} = \frac{30 \times 19}{100}$$

$$Q_{14} = 5,7 \text{ t/h}$$

- Le débit dans le produit 15

$$Q_{15} = \frac{y_{15}.Q_5}{100} = \frac{52,5 \times 19}{100}$$

$$Q_{15} = 9,975 \text{ t/h}$$

### Vérification

$$Q_5 = Q_9 + Q_{15}$$

$$19 = 9,025 + 9,975 \quad , \quad 19 \text{ t/h} = 19 \text{ t/h}$$

**Tableau III.05** : Tableau récapitulatif des indices technologiques de flottation

Indices technologiques				
produits	$\beta$ %	$\gamma$ %	$\epsilon$ %	Q t/h
<b>01</b>	_____	100	_____	19
<b>02</b>	_____	800	_____	152
<b>03</b>	_____	800	_____	152
<b>04</b>	_____	700	_____	133
<b>05</b>	45	100	100	19
<b>06</b>	38,7	167,5	144,05	31,825
<b>07</b>	9,5	60	12,66	11,4
<b>08</b>	55	107,5	13,38	20,425
<b>09</b>	6,31	47,5	6,66	9,025
<b>10</b>	22	12,5	6,11	2,375
<b>11</b>	54,45	137,5	166,37	26,125
<b>12</b>	31,13	55	38,04	10,45
<b>13</b>	70	82,5	128,83	15,675
<b>14</b>	52,5	30	35	5,7
<b>15</b>	80	52,5	93,33	9,975

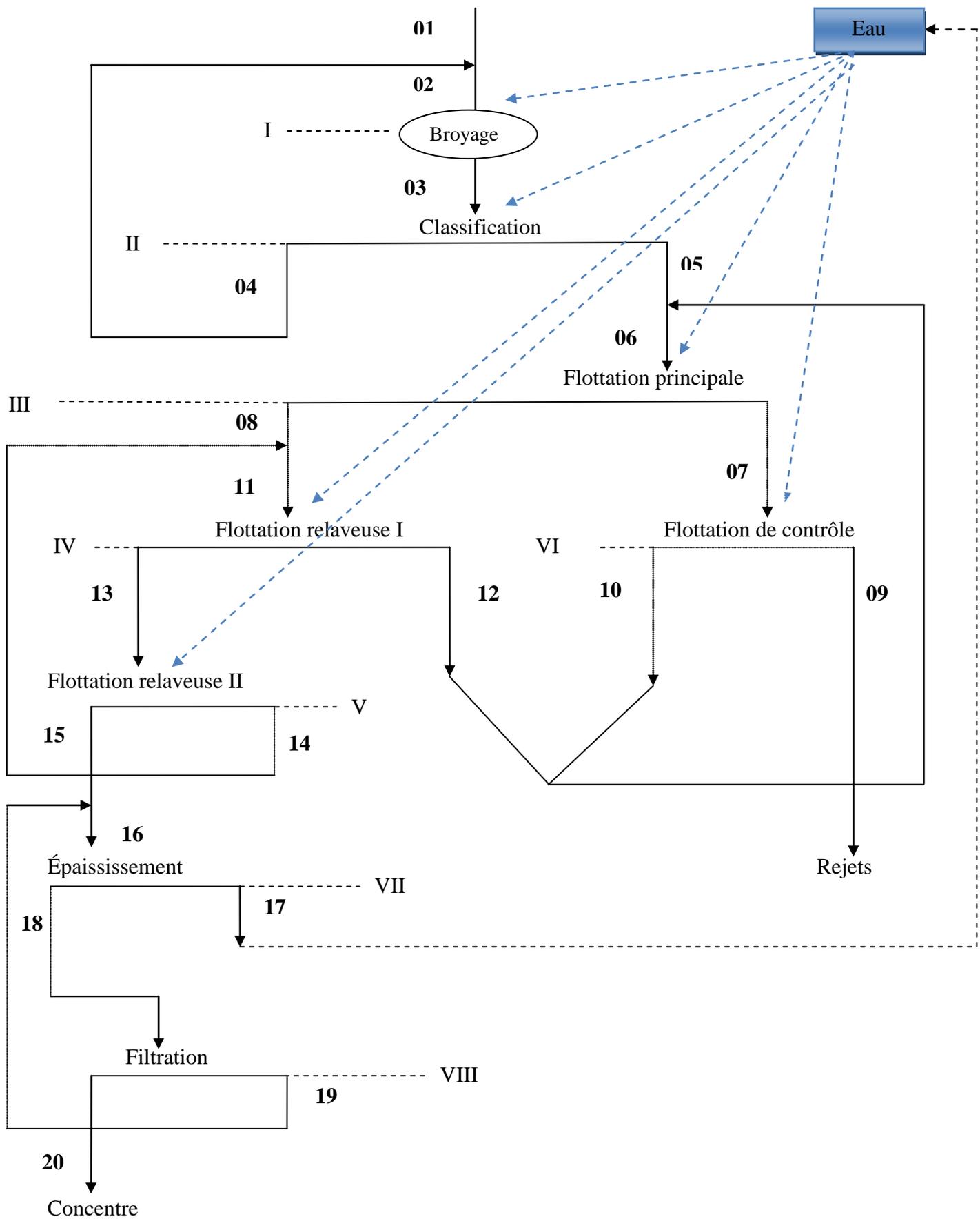


Figure III.07 : Schéma de circulation des eaux

## VI. Calcul de schéma de circulation des eaux

On calcule la quantité d'eau dans les opérations et dans les produits, ainsi que la quantité d'eau qu'on ajoute pour chaque opération.

➤ La quantité d'eau d'opération ou du produit :

$$W_n = R_n \times Q_n \text{ en (m}^3/\text{h)}$$

$W_n$  : quantité d'eau qui se trouve dans les produits ou les opérations (m<sup>3</sup>/h).

$R_n$  : rapport de dilution dans le produit ou l'opération (m<sup>3</sup>/h).

$Q_n$  : poids du produit (t/h).

$\beta_s$  : teneur en solide dans les produits ou les opérations (%).

$$R = \frac{100 - \beta_s}{\beta_s}$$

➤ Il est nécessaire de trouver que la condition suivante est vérifiée

$$\Sigma W \text{ entrant} = \Sigma W \text{ sortant}$$

$$\Sigma W \text{ entrant} = \Sigma L + W \text{ initial}$$

**Tableau III.06 :** Rapports de dilutions et teneurs en solide dans différents produits et Opérations

Opération	R m <sup>3</sup> /h	$\beta_s$
Alimentation du broyeur	0.25-0.60	75
Débordement de Classification	1.00-4.00	50
Sables de la classification	0.20-0.30	70-90
Alimentation de la flottation Principale	1.80-3.00	25-30
Alimentation de la flottation Relaveuse	1.80-3.00	25-30
Alimentation de la flottation Contrôle	1.50-3.00	20
Produit épaissi	0.40-1.00	70
Alimentation de la filtration	1.50-3.60	70
Gâteau des filtres	0.20-0.35	80

- La teneur en solide dans l'Alimentation du Broyeur Bs = 75%

$$R_1 = \frac{100 - \beta_s}{\beta_s} = \frac{100 - 75}{75}$$

$$R_1 = 0.33 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_1 = Q_1 \times R_1 = 19 \times 0.33 = 6,27 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_4 = Q_4 \times R_4$$

R4: la dilution du sable de classificateur;  $R_4 = (0.2 - 0.3)$

On fixe  $R_4 = 0.2 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $Q_4 = 133 \text{ t/h}$

$$W_4 = 133 \times 0.2 = 26,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_4 = 26,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_2 = W_1 + W_4 = 6,27 + 26,6 = 32,87 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_2 = 32,87 \text{ m}^3/\text{h}$$

### VI.1. Opération I : le Broyage

- On calcule la quantité d'eau nécessaire pour l'opération du broyage  $W_I$

$$Q_2 = 152 \text{ t/h}$$

Suivant les données pratique on choisit  $R_2 = 0.3 \text{ m}^3/\text{h}$

$$W_I = R_2 \times Q_2 = 0.3 \times 152 = 45,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_I = 45,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

- On calcule la quantité d'eau qu'on ajoute à l'opération de broyage  $L_I$ .

$$L_I = W_I - W_2 = 45,6 - 32,87 = 12,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_I = 12,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_3 = W_I = 45,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_5 = R_5 \times Q_5$$

R5: la dilution dans le débordement de classificateur est égale de  $R_5 = 1 \text{ à } 4 \text{ m}^3/\text{h}$

On fixe  $R_5 = 1 \text{ m}^3/\text{h}$

$$W_5 = 1 \times 19 = 19 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_5 = 19 \text{ m}^3/\text{h}$$

### VI.2. Opération II: La Classification

- On calcule la consommation d'eau dans cette opération  $W_{II}$

$$W_{II} = W_5 + W_4 = 19 + 26,6 = 45,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{II} = 45,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

- On calcule la quantité d'eau qu'on ajoute à l'opération  $L_{II}$

$$L_{II} = W_{II} - W_2 = 45,6 - 32,87 = 12,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_{II} = 12,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

### VI.3. Opération III : La Flottation Principale

➤ On calcule la consommation d'eau dans cette opération  $W_{III}$

$$W_{III} = W_8 + W_7$$

$$W_8 = R_8 \times Q_8$$

$R_8$ : la dilution dans l'Alimentation de la flottation principale est de 1.8 à 3.00 m<sup>3</sup>/h

On fixe  $R_8 = 2 \text{ m}^3/\text{h}$

$$W_8 = 2 \times 20,425 = 40,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_8 = 40,85 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule  $W_7$  dans cette opération sachant que  $R_7 = 2 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$W_7 = R_7 \times Q_7 = 2 \times 11,40 = 22,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_7 = 22,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$W_{III} = W_8 + W_7 = 40,85 + 22,8 = 63,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{III} = 63,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule  $W_6$  dans cette opération sachant que  $R_6 = 1.8 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$W_6 = R_6 \times Q_6 = 1.8 \times 31,285 = 57,285 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_6 = 57,285 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule la quantité d'eau qu'on ajoute à l'opération  $L_{III}$

$$L_{III} = W_{III} - W_6 = 63,65 - 57,285 = 6,365 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_{III} = 6,365 \text{ m}^3/\text{h}$$

### VI.4. Opération IV: La Flottation relaveuse I

➤ On calcule  $W_{13}$  dans cette opération sachant que  $R_{13} = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$W_{13} = R_{13} \times Q_{13} = 2,5 \times 15,675 = 39,187 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{13} = 39,187 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule  $W_{12}$  dans cette opération sachant que  $R_{12} = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$W_{12} = R_{12} \times Q_{12} = 3 \times 10,45 = 31,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{12} = 31,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule  $W_{11}$  dans cette opération sachant que  $R_{11} = 2 \text{ m}^3/\text{h}$

$$W_{11} = R_{11} \times Q_{11} = 2 \times 26,125 = 52,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{11} = 52,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$W_{IV} = W_{12} + W_{13} = 31,35 + 39,187 = 70,537 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{IV} = 70,537 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule la quantité d'eau qu'on ajoute à l'opération L<sub>IV</sub>

$$L_{IV} = W_{IV} - W_{11} = 70,537 - 52,25 = 18,288 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_{IV} = 18,288 \text{ m}^3/\text{h}$$

### **VI.5. Opération V : La Flottation relaveuse II**

➤ On calcule W<sub>15</sub> dans cette opération sachant que R<sub>15</sub> = 3 m<sup>3</sup>/h

$$W_{15} = R_{15} \times Q_{15} = 3 \times 9,975 = 29,925 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{15} = 29,925 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule W<sub>14</sub> dans cette opération sachant que R<sub>14</sub> = 3 m<sup>3</sup>/h

$$W_{14} = R_{14} \times Q_{14} = 3 \times 5,7 = 17,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{14} = 17,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$W_{VI} = W_{14} + W_{15} = 17,11 + 29,925 = 47,035 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{VI} = 47,035 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule la quantité d'eau qu'on ajoute à l'opération L<sub>VI</sub>

$$L_{VI} = W_{VI} - W_{13} = 47,035 - 45,898 = 1,137 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_{VI} = 1,137 \text{ m}^3/\text{h}$$

### **VI.6. Opération VI : La Flottation de contrôle I**

➤ On calcule W<sub>10</sub> dans cette opération sachant que R<sub>10</sub> = 2,5 m<sup>3</sup>/h

$$W_{10} = R_{10} \times Q_{10} = 2,5 \times 2,375 = 5,937 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{10} = 5,937 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule W<sub>9</sub> dans cette opération sachant que R<sub>9</sub> = 3 m<sup>3</sup>/h

$$W_9 = R_9 \times Q_9 = 3 \times 9,025 = 27,075 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_9 = 27,075 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$W_V = W_9 + W_{10} = 27,075 + 5,937 = 33,012 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_V = 33,012 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ On calcule la quantité d'eau qu'on ajoute à l'opération L<sub>V</sub>

$$L_V = W_V - W_7 = 33,012 - 22,8 = 10,212 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L_V = 10,212 \text{ m}^3/\text{h}$$

### **VI.7. Opération VII : L'épaississement**

$$Q_{17} = Q_{15} = 9,975 \text{ t/h}$$

➤ On calcule W<sub>17</sub> dans cette opération sachant que R<sub>17</sub> = 1 m<sup>3</sup>/h

$$W_{17} = R_{17} \times Q_{17} = 1 \times 9,975 = 9,975 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{17} = 9,975 \text{ m}^3/\text{h}$$

$R_{IX} = 2$  dilution du produit d'Épaississement 18

$$W_{IX} = R_{IX} \times Q_{17} = 2 \times 9,975 = 19,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{IX} = 19,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$W_{18} = W_{IX} - W_{17} = 19,25 - 9,975 = 9,975 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{18} = 9,975 \text{ m}^3/\text{h}$$

### VI.8. Opération VIII : La Filtration

➤ On calcule  $W_X$  dans cette opération sachant que  $R_X = 3.55 \text{ m}^3/\text{h}$

$$W_X = R_X \times Q_{15} = 3.55 \times 9,975 = 35,411 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_X = 35,411 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{16} = Q_{18} = Q_{15}$$

Donc :

$$W_{20} = W_X - W_{19}$$

➤ On calcule  $W_{19}$  dans cette opération sachant que  $R_{19} = 0.35 \text{ m}^3/\text{h}$

$$W_{19} = R_{19} \times Q_{19} = 0.35 \times 9,975 = 3,491 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{19} = 3,491 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$W_{20} = 35,411 - 3,491 = 31,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{20} = 31,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Tableau III.07** : Tableau récapitulatif de circulation des eaux

Quantité d'eau qui Entre	m <sup>3</sup> /h	Quantité d'eau qui sorte	m <sup>3</sup> /h
Minerai initial	6,27	Concentré W <sub>34</sub>	31,92
W <sub>10</sub>	12,97	Rejets W <sub>28</sub>	27,075
LI	12,73	Epaisseur W <sub>32</sub>	9,975
LII	6,365		
LIII	18,288		
LIV	2,137		
LV	10,21		
LVI			
Total	68,97	Total	68,97

➤ La consommation spécifique de l'eau est égale à

$$W_s = \frac{W_t}{Q_1} \text{ m}^3/\text{h}$$

$W_s$  : La consommation spécifique de l'eau en  $\text{m}^3/\text{t}$

$W_t$ : La consommation totale des eaux en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

$Q_1$ : La quantité initiale du minerai en  $\text{t}/\text{h}$ .

$$W_s = \frac{68,97}{19} = 3,63 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Conclusion

D'après le dépouillement statistique des plans d'expériences factorielles comme exemple l'opération principale de flottation inverse, on voit bien qu'on trouve la même résonnement choisi qu'on a fait suivant l'étude des équation de régression théorique et pratique.

Ainsi on a élaboré un schéma de traitement des rejets barytiques. le résultats obtenus par la flottation inverse sont :

$$\beta = 80 \%$$

$$\varepsilon = 93,33\%$$

The background features a large, light gray watermark of the University of Tébessa logo. The logo consists of a central sunburst with rays emanating from a semi-circle at the bottom. Above the sunburst is a stylized building with a central tower and two side wings. Below the sunburst is an open book with pages fanning out. At the very bottom, the text 'UNIVERSITE DE TEBESSA' is written in a simple, sans-serif font.

# **Conclusion générale**

UNIVERSITE DE TEBESSA

## Conclusion Générale

---

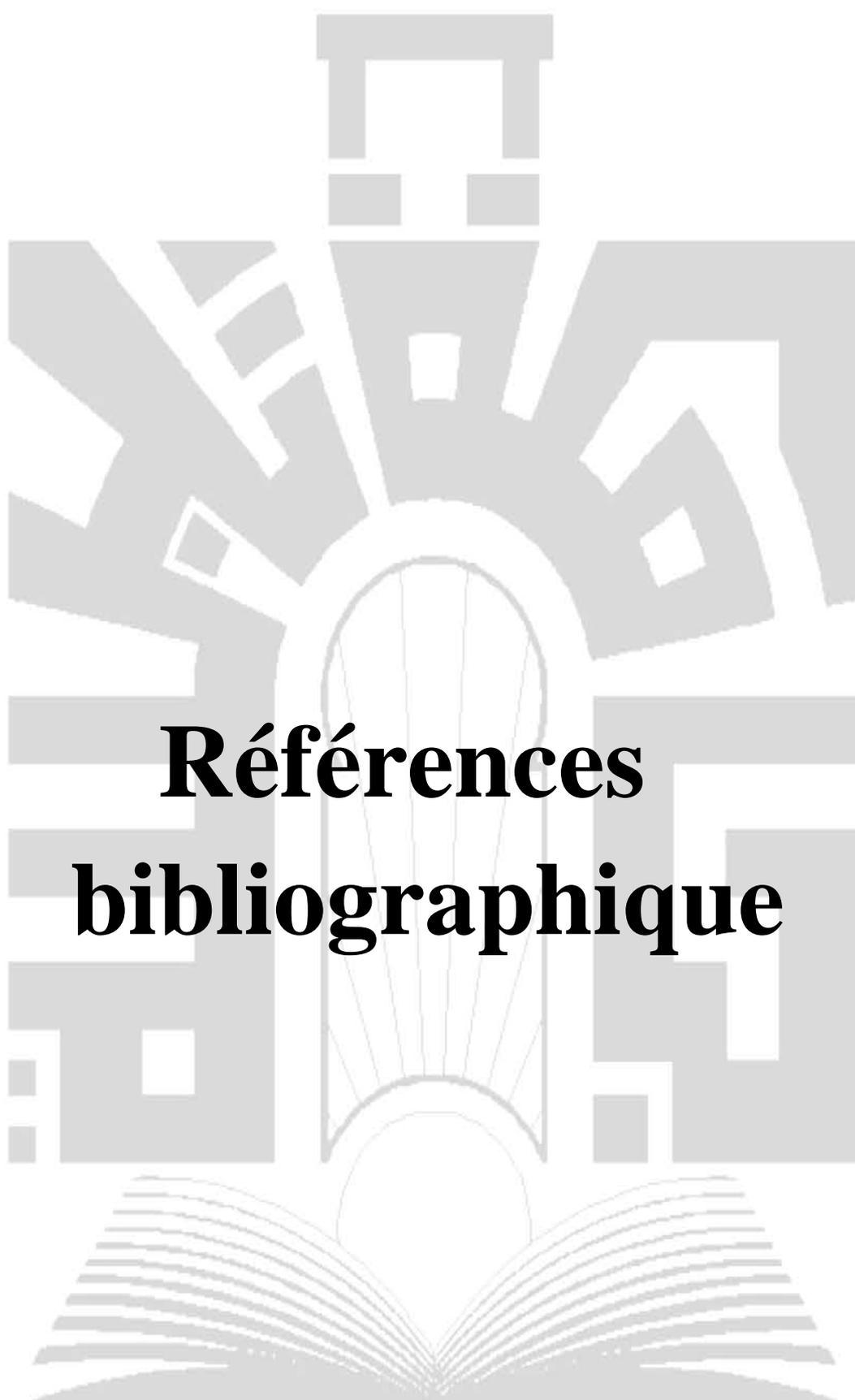
L'étude de traitement des déchets barytiques de BOU-CAID par la méthode de flottation nous a permis de récupérer plus de la moitié des déchets. Ces derniers qui sont estimés à 30000 tonnes par an et dont la teneur en sulfate de baryum  $BaSO_2$  s'élève à 45 pour cent. En récupérant ces rejets qui sont riches en sulfate de baryum et après leur enrichissement par la flottation on obtient un concentré de 80% de sulfate de baryum. Le schéma proposé pour le traitement des rejets barytiques de Bou-Caid comprend :

1-un schéma de broyage et classification composé par un broyeur à boulet et un classificateur hydraulique à spirale immergée .

2-un schéma de flottation directe comprenant une flottation principale et es flottations relaveuses et de contrôle .

3\_un épaissement et une filtration.

La séparation gravimétrique ne permet pas d'extraire la baryte d'une façon complète, ce procédé ne permet pas d'obtenir un concentré de plus de 80 %  $BaSO_4$  à partir des rejets pauvres. La flottation a permis d'avoir une bonne extraction de  $BaSO_4$  pouvant attendre jusqu'à 80% en  $BaSO_4$  .Un schéma de flottation de la baryte a été proposé pour une valorisation des déchets barytiques.

The logo of the University of Tébessa is a stylized emblem. It features a central vertical element resembling a sunburst or a stylized 'U' with radiating lines. This central element is flanked by two large, symmetrical, blocky shapes that resemble the letters 'T' and 'B'. Below the central element is a stylized open book with curved pages. The entire emblem is rendered in a light gray color.

# **Références bibliographique**

UNIVERSITE DE TEBESSA

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [01] : Rapport de stage SOMIBAR Bocaiide 2012 réalisé par (H.Lakhdhar, S.Mouhamed, L.Slimene) 4 ème année mines École Nationale Polytechnique d'Alger.
- [02] : ENOF. Entreprise national des produit non ferreux et de substance utiles.
- [03] : MEM ; Ministère d'énergie et des mines site officiel.
- [04] : Article sur internet (Ich'moul..., la ville au coeur brisé !) L'ALGÉRIE PROFONDE / ACTUALITÉS –BATNA-2015
- [05] : USGS; United States Geological Survey (janvier 2015)
- [06] : <http://www.societechimiquedefrance.fr/extras/donnees/mine/BaSO4/cadBaSO4.htm>
- [07] : Mémento roche et minéraux industriel rapport BRGM R37775 DMM-RMI-93 de – la barytine – (page 01).
- [08] : Plan d'exploitation 2016 de Ain Mimoun. W. Khenchela (géologie et développement, exploitation, traitement, laboratoire et hygiène et sécurité)
- [09] : Rapport géologique champ minier Mizab Ain Mimoun 2015.
- [10] : Mémoire de magister en mine 2011-2012. Revalorisation des rejets barytique issues des jigs et impacts environnementales : cas de la mine de Ain Mimoun. BALADHA FARES.
- [11] : info@lenntech.com. Copyright © 1998-2016 Lenntech B.V
- [12]: Source: Materials Beneficiation. New York: Springer-Verlag;; page. 245. 1991.
- [13]: Source: Mineral Processing Technology, 4ième edition ed. Oxford: Pergamon Presse; 1988; page.855.
- [14] : Source : flottation mécanisme et réactifs, pierre, technique de l'ingénieur, traité génie des procédés j3350 Page. 12-16.
- [15] : Association française pour l'étude des eaux et Analyse des boues, Généralités et analyse physique. Tome N°1, Paris; 1985.
- [16] : Le CRM à l'avant-garde en matière de concentration gravimétrique. Bulletin D'Information Du Centre De Recherche Minérale; 1-4 Juin 1996.
- [17] : MINERALURGIE. Flottation égouttage technologies. OVTCHAROV V et KHASSIEV T .Université de ANNABA -1986.
- [18] : Technique de l'ingénieur flottation mécanismes et réactifs par GILLES BARBARY.

# Annexes



UNIVERSITE DE TEBESSA

## Liste des figures

---

Figure I.01 : Localisation Géographique du gisement de BouCaïd (Sur la carte touristique d'Algérie). .....	3
Figure I.02 : Carte géologique du gisement à BouCaïd.....	4
Figure I.03 : Répartition de la production mondiale de barytine en 2015(source USGS) .....	8
Figure I.04 : Schéma de méthode d'exploitation par chambre et magasin .....	15
Figure I.05 : Schéma de méthode d'exploitation par chambre et piliers .....	16
Figure I.06 : Schéma de la méthode des sous niveaux abattus .....	16
Figure I.07 : L'entrée de la galerie du niveau 1125 m.....	17
Figure I.08 : L'entrée de la galerie du niveau 1550 m.....	18
Figure I.09 : L'entrée de la galerie du niveau 1110 m.....	19
Figure I.10: Loco tracteur(diésel) .....	19
Figure I.11: Pelle sur rail déchargement.....	19
Figure I.12 :Wagonnets.....	20
FigureI.13 :Transport Tout-venant.....	20
Figure I.14 : Pelle chargeuse .....	20
Figure II.01 : La chaine de traitement de minerai barytique de Bou-Caïd.....	23
Figure II.02 : séparation gravimétrique du minerai barytique de Bou-Caid-Algérie .....	25
Figure II.03 : Vue générale de la station du traitement actuel de Ain Mimoun .....	26
Figure II.04 : Schéma technologique de traitement de la Barytine de Ain Mimoun .....	27
Figure.II.05 : Cellules de flottation dans l'usine de Chaillac, traitant la barytine extraite sur place (Cliché F).....	28
Figure.II.06: Schéma de traitement de la barytine pour charge (document Barytine & Minéraux).....	29
Figure.II.07 : Cristal de baryte .....	30
FigureII.8. Mécanise de séparation par milieu dense.....	35
Figure II.9. Pulsations et la stratification.....	36
Figure.II.10. Les défèrent mécanismes de séparation gravimétrique .....	39
Figure II.11. Fixation des particules à la surface hydrophobe aux bulles d'air.....	40

## Liste des figures

---

FigureIII.1 : schéma de broyage proposé .....	45
Figure III.2: Angle de contact pour un système solide-liquide-gaz.....	53
Figure III.4: Degré de facilité à enrichir par flottation en fonction de la grosseur des particules.....	45
FigureIII.5 : Action du moussant.....	56
Figure III.6 : Adsorption du collecteur pour la surface du minéral ...	57
FigureIII.7 : Schéma de flottation propose.....	60
FigureIII.8: Schéma de circulation des eaux.....	69

## Liste des tableaux

---

Tableau I.01 : Les réserves mondiales de barytine en 2015 .....	7
Tableau I.02 : La production mondiale de la barytine .....	8
Tableau I.03 : La consommation mondiale de la barytine.....	9
Tableau.II.02 : Caractéristique physico-chimique de BaSO <sub>4</sub> .....	31
Tableau.II.03 : Critère de concentration gravimétrique en fonction de la taille des particules ....	38
Tableau III.01: Caractéristique technique des broyeurs choisis .....	49
Tableau III.02 : Caractéristiques techniques du broyeur à boulet, BBG(2700X3600).....	49
Tableau III.03 : Les paramètres techniques de broyeur à boulet BBG(2700X3600) .....	49
Tableau III.04 : Les paramètres technique du classificateur.....	51
Tableau III.05 : Tableau récapitulatif des indices technologiques de flottation .....	68
Tableau III.06 : Rapports de dilutions et teneurs en solide dans différent produits et Opérations	70
Tableau III.07 : Tableau récapitulatif de circulation des eaux.....	74