

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSIT

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



Faculté des Sciences de la Terre

Département des Mines

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

**Magister en mines**

Option : Valorisation et gestion des ressources minérales

Thème

***REVALORISATION DES REJETS BARYTIQUES ISSUES DES JIGS ET  
IMPACT ENVIRONNEMENTAL: CAS DE LA MINE D'AIN  
MIMOUNE/KHENCHLA***

*Présenté Par:*

**BALADAH Fares**

**Soutenu le 13 Juin 2012 devant le Jury composé de :**

<u>Président :</u>	M.BOUNOUALA	Pr.	UBMA
<u>Rapporteur :</u>	M.CHETTIBI	MC.A	UBMA
<u>Examineurs :</u>	A.IDRES	MC.A	UBMA
	M.L.BOUKELLOUL	MC.A	UBMA

Année universitaire 2011/ 2012

# SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	01
--------------------	----

## Chapitre I

### ETUDE GEOLOGIQUE DU GISEMENT

1.1. Situation géographique .....	03
1.2. Etude géologique sur le gisement d'Ain-Mimoun .....	03
1.2.1. Stratigraphie .....	04
1.2.2. Tectonique .....	05
1.2.3. Morphologie .....	05
1.2.4. Hydrogéologie .....	05
1.3. Etudes minéralogiques .....	06
1.4. Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun .....	06
1.5. Caractéristiques physico-chimiques de la barytine .....	08
1.6. Historique des recherches .....	10

## Chapitre II

### EXPLOITATION ET TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DU MINERAI BARYTINE D'AIN MIMOUN

2.1. Exploitation du gisement .....	11
2.1.1. Conditions général du gisement .....	11
2.1.2- Mode d'exploitation .....	11
2.1.3. Mode d'ouverture .....	11
2.1.3.1. Description des ouvertures existantes .....	11
2.1.3.2. Choix du mode d'ouverture.....	11
2.1.3.3. Pression des terrains .....	12
2.1.3.2. Principe de la méthode .....	12
2.2. Réserves Générales .....	13
2.2.1. Description des filons du champ * minéral* .....	13
2.3. Technologie de traitement du minerai barytine d'Ain Mimoun .....	22
2.3.1. Description du processus .....	22
2.3.2. Technologie de traitement du minerai .....	24
.2.4 IMPORTANCE ET DOMAINES D'UTILISATION DE LA MATIERE PREMIERE	

3.1. Utilisation .....	28
3.1.1. Industrie pétrolière .....	28
3.2. Applications et commentaires .....	29
3.2.1. Capteur de gaz pour tubes à vide.....	29
3.2.2. Lubrifiant (additif) .....	29
3.2.3. Matière de charge et colorant pour papier .....	30
3.2.4. Feu d'artifice .....	30
3.2.5. Radio de l'estomac .....	30

## Chapitre III

### CARACTERISATION DES REJETS BARYTINES

4.1. Intérêt de l'étude minéralogique.....	31
4.2. Echantillonnage .....	31
4.3. Préparation de l'échantillon .....	31
4.3.1. Broyage .....	31

4.3.2. Quartage .....	32
4.3.3. Classement dimensionnel .....	33
4.3.4. Analyse microscopique .....	35
CONCLUSION .....	38

## **Chapitre IV**

### **CHOIX DE LA METHODE DE TRAITEMENT DES REJETS BARYTINE**

5.1. La séparation magnétique .....	39
5.2. La concentration gravimétrique .....	40
5.2.1. Les mécanismes de séparation gravimétrique .....	40
5.2.1.1. Le mécanisme par milieu dense .....	40
5.2.1.2. Le mécanisme par pulsation et stratification .....	41
5.2.1.3. Mécanisme par nappe pelliculaire fluente .....	42
5.2.1.4. Mécanisme par action de secousses .....	42
5.3. Concentration par la flottation .....	44
5.3.1. Optimisation de la flottation de la baryte .....	47
5.3.1.1. Détermination de pH optimal pour la flottation de la baryte .....	47
5.3.1.2. Détermination des dimensions optimale de la particule minéral et de la bulle d'air.....	53
5.4. Technique et choix d'un schéma de flottation de la baryte.....	61
5.4.1. Technique de la flottation de la baryte .....	61
5.4.2. Choix de schémas de flottation de la baryte .....	62
CONCLUSION .....	62

## **Chapitre V**

### **IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

6.1. Evaluation des impacts sur l'environnement .....	65
6.2. Les sondages .....	65
6.2.3. L'exhaure .....	66
6.2.4. Le rejet des eaux de traitement .....	67
6.3. Les stériles .....	67
6.3.1. Les stériles de mine .....	67
6.3.2. Les stériles de laverie .....	68
6.4. L'envoyage après la fin de l'exploitation.....	68
6.4.1. La modification des caractéristiques mécaniques des roches.....	69
6.4. Interactions eaux/roches.....	69
6.4.1. Interactions eaux/roches en surface.....	70
6.3.2. Interactions eaux/roches du fond.....	70
6.2. Impact sur les sols .....	71
6.2.1. Les dégâts miniers.....	71
6.6. Impact sur la santé publique.....	74
6.7. Impact sur la flore et la faune.....	75
6.8.1. Emissions de poussières au fond.....	75
6.8.2. Emissions de poussières en usine.....	75
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	77

## ***Remerciements***

*Avant tout je remercie Dieu Le tout puissant de m'avoir donné la force et la foi et de m'avoir permis d'arriver à ce stade là,*

*Au terme de ce travail je tiens à remercier chaleureusement docteur **CHETTIBI Mohamed** qui a assuré la direction scientifique pour la qualité de son encadrement, Je le remercie pour ces nombreux conseils et sa disponibilité et son soutien sans faille tout au long de ce travail qu'il trouve ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.*

*J'adresse mes vifs remerciements au professeur **BOUNOUALA Mohamed** pour le grand honneur qu'il me fait en présidant le jury de ma soutenance. J'exprime également mes chaleureux remerciements au docteur **IDRES Aziz** et aussi au docteur **BOUKELLOUL Mohamed Laid** pour l'honneur qu'ils m'ont fait d'avoir acceptés de faire partie du jury.*

*Je tiens à remercier tous les enseignants de département des mines.*

*Je tiens à remercier mes camarades de la promotion pour leur aide à la réalisation de ce travail et pour leurs précieux conseils.*

*Je tiens à remercier tous les cadres de la société de SOMIBAR pour leurs aides.*

BALADAH Fares

## **RESUME**

La recherche bibliographique et expérimentale ont permis de définir la flottation comme procédé fiable pour l'extraction maximale de la baryte des déchets barytine de la mine d'Ain Mimoun, wilaya de Khenchla, car certains procédés ne sont pas convenables et d'autres n'étaient pas efficaces. Pour bien étudier la flottabilité de la baryte, le déchet barytine a subi différents types d'analyses granulométrique et microscopique pour déterminer la tranche granulométrique noble et le degré de libération des particules. Une optimisation des paramètres de flottation a été effectuée en utilisant des calculs mathématiques pour définir les dimensions des bulles d'air nécessaires à une fixation rigide avec les particules minérales tout en assurant un bon transport de ces dernières. L'utilisation de la méthode de l'analyse thermodynamique nous a conduit à caractériser l'état de surface de la baryte dans la solution afin de déterminer les valeurs optimales du pH, type et quantité du collecteur nécessaire pour une flottation complète du minéral de baryte, les résultats d'analyse coïncident avec les résultats expérimentaux. Finalement, l'étude a été achevée par le choix d'un schéma de flottation des déchets barytines et de faire appel au grenelle pour appliquer les normes environnementales dans la mine suscitée.

**Mots clés :** Mine de Ain Mimoun ; Baryte; analyse thermodynamique ; Flottation ; réactifs ; Bulle d'air; environnement.



## **ABSTARCT**

Bibliographic and experimental research, made it possible to show that the flotation is the best process for baryte extraction from Ain Mimoun mine wastes, wilaya of Khenchla, because certain process are not suitable and other was not effective. For studying the floatability of baryte, the baryte waste was put through various types of analysis like particlesize analysis and microscopic observation in order to define the noble class of particle-size and the liberation degree of the particles from gangue.

Optimization of the flotation parameters was carried out by using mathematical computing to define the bubbles dimensions necessary to a stiff fixing with the mineral particles while ensuring a good transport of the latter.

Using the thermodynamic method of analysis helps for evaluating the baryte surface state in solution in order to determine the optimal pH values, type and quantity of the collector necessary for a mineral complete flotation, the results of analysis coincide completely with experimental results.

Finally, the study was finished by choosing a flow sheet for baryte flotation and calling upon for applying the environmental standards in the caused mine.

**Keywords:** Mine of Ain Mimoun; baryte; thermodynamic analysis; flotation; reagents; bubbles; environment.

*Chapitre I*  
*Etat actuel de la mine d'Ain Mimoun*  
*Khenchela*

---

# INTRODUCTION

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

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

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

L'objectif visé par cette requête est de revaloriser ces déchets non seulement pour un maximum d'extraction de la substance utile mais aussi pour une éventuelle réhabilitation territoriale. Dans ce cas, notre travail est d'importance économique et environnementale, ce qui reflète l'actualité du sujet.

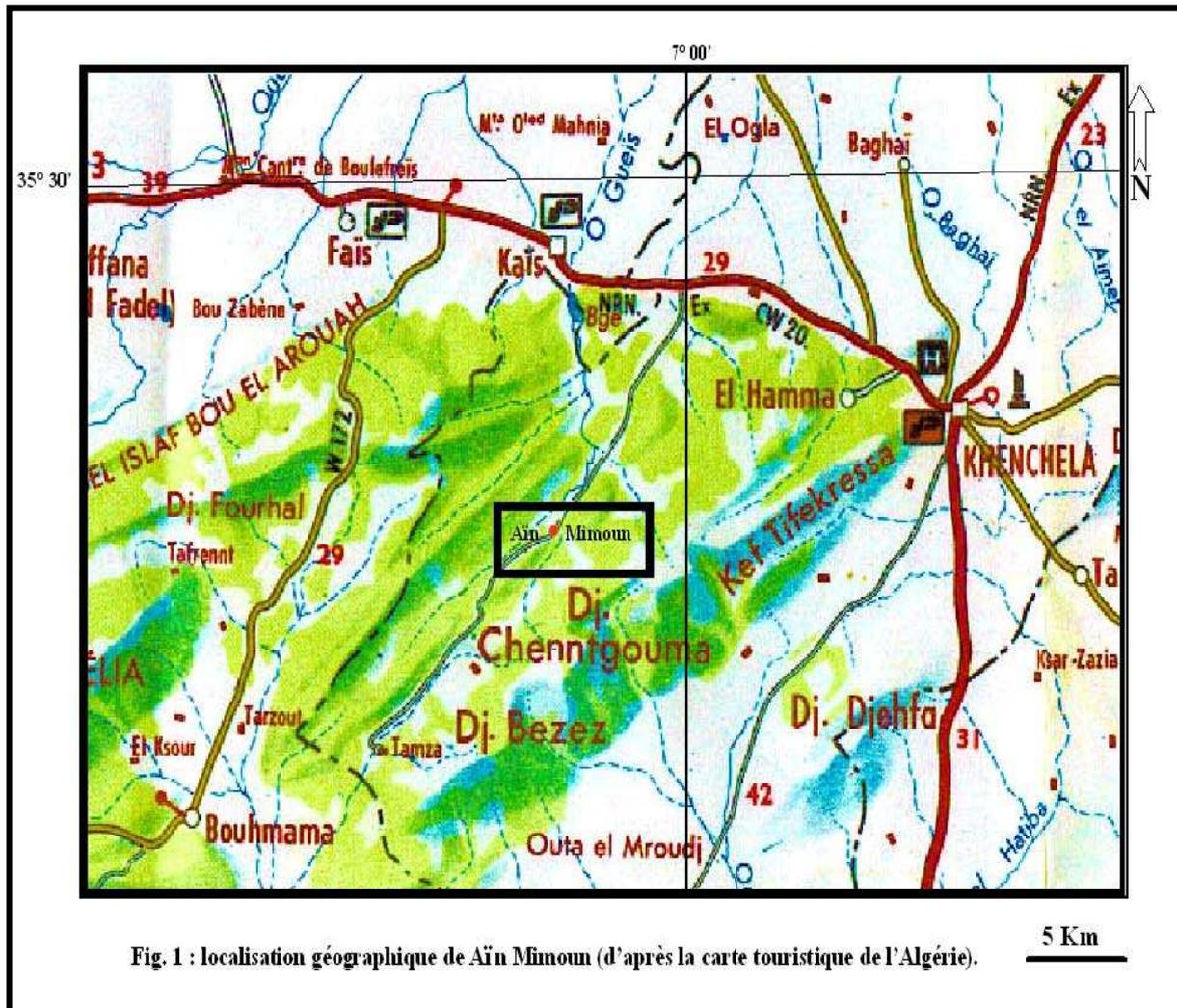
Une recherche bibliographique et expérimentale a été effectuée afin de choisir le procédé favorable et efficace pour une parfaite extraction de la baryte de ces déchets. Cette étude est développée dans cinq chapitres, dont le premier a été consacré pour l'état actuel de la mine d'Ain Mimoun; le deuxième englobe la technique de traitement du minerai barytique requise à l'usine; le troisième est consacré à la caractérisation des rejets barytines; le choix de la méthode et du schéma efficace pour le traitement des rejets barytine est abordé dans le quatrième chapitre; le dernier chapitre fait appel au Grenelle pour appliquer les normes environnementales dans la mine suscitée.

Les études effectuées nous ont permis de choisir la flottation comme procédé fiable pour la revalorisation des déchets barytiques, le degré d'extraction peut atteindre jusqu'à 90% pour les sulfates de baryum avec pH égal à 7,2 et une teneur 85% pour les carbonates de baryum, autant que collecteur utilise l'acide oléique dont la concentration est de  $1,3 \cdot 10^{-3}$  mol/l

# I. ETUDE GEOLOGIQUE DU GISEMENT

## 1.1. Situation Géographique

Le gisement de barytine d'Ain Mimoun est situé sur le territoire de la wilaya de Khenchela, à 28 km à l'ouest de chef-lieu. Les filons n° 3, 7, 8, 9 et 15 sont situés



respectivement de 6 à 18 km à l'Est de l'usine. Le filon n°4 est situé à 11 km au Sud Est de l'usine.

## 1.2. Etude géologique sur le gisement d'Ain-Mimoun

La région du gisement se trouve dans la partie orientale du massif montagneux des Aurès qui s'étend à la direction Nord-Est les flancs Septentrionaux de l'anticlinal de Khenchela qui se caractérise par un relief montagneux typique.

Les sommets dépassent 2000 m, le massif est divisé par les vallées profondes transversales, les versants des vallées sont raides, les dénivellations relatives atteignent souvent 500-700 m le gisement est représenté par un faisceau des filons affleurant à la surface avec un fort pendage (30°-90°) et avec une puissance de 0,5 - 3 m. L'étendue la plus importante des filons céleste à 1 km et les dimensions suivant le pendage 150 - 200 m.

La hauteur la plus élevée du gîte filonien (filon n°11) fait en 1950 ; la moindre hauteur (filon n°1) est égale à 1250 m, les filons sont à distances de la plateforme industrielle de la mine sur un rayon de 6 à 12,5 km.

### **1.2.1. Stratigraphie**

Les roches les plus anciennes du champ du gisement de Mizab, est du dépôt de barrémien. Grés quartzeux avec petits lits isolent de calcaire, marnes argiles.

Plus haut est le dépôt d'aptien inférieure (puissance de 8.0 m) des grés de fréquents de petites marnes calcaires.

#### **- Aptien supérieur :**

Se divise en deux assises ; l'Assise inférieure, est représentée par des grés quartzeux, des marnes et des calcaires. L'Assise supérieure, est représentée par des formations dolomitiques massives avec petits lits de calcaire.

#### **- Aptien inférieur :**

Représenté par des grés avec petits lits de marne et calcaire.

#### **- Aptien moyen :**

Epais de 120 m, représenté par des calcaires en alternance avec des marnes à la base et des dolomies massives au dessus qui sont présentés par le conomanien.

#### **- Les dépôts albien :**

- ✓ Albien inférieur : est représenté par une alternance d'agilité, de grés et de marne avec marne des bancs de calcaire et dolomies.
- ✓ Albien supérieur : est représenté par une alternance de calcaires, calcaires dolomitiques et dolomies avec des petits lits de marnes et de grés.
- ✓ Albien moyen : est formé d'une alternance d'agilité, et de grés avec des bancs de calcaires et dolomies.

#### **- Dépôts de curetage supérieur :**

Sont par le conomanien inférieur et supérieur :

- ✓ Cenémanien inférieur présentés:marnes avec isolés de calcaires marneux ;
- ✓ Cenémanien supérieur : marne avec calcaires.

## - Néogène :

Est représenté dans deux affleurements isolés :

- ✓ Argile de couleur rouge conglomérats massif de l'aquitaine, les quaternaires de plus de 100 m se recentrent par tout aux pieds des montagnes.
- ✓ Le pendage général des roches : est au Nord-Ouest (310-330°) sous les angles qui changent de (5-10°) dans la partie de tout de l'anticlinal et de (40-50°) sur le filon Nord. Les filons de baryte se trouvent dans les accidents tectoniques formés dans la roche de l'aptien moyen et aptien supérieur.

Dans les roches sous-jacentes et sus-jacentes, les tracés des filons n'ont pas été établis.

### 1.2.2. Tectonique

Les assises des roches faisant partie du gisement sont disloquées en entoillant suivant l'étendue Nord-Est (40-50°) aux flancs arqués. Le champ de minerai s'étend sur le flanc Nord-Ouest sous les angles qui changent de (5-50°) avec un pendage sub-vertical.

Le 1<sup>er</sup> système d'accident et de caractère de faille de direction Nord Est (40-50°) avec un pendage sub-vertical. Le 2<sup>eme</sup> système d'accident du 5<sup>eme</sup> et 6<sup>eme</sup> ordre sont parallèles à l'axe du pli suivant la direction (40-50°).

### 1.2.3. Morphologie

Les contacts de tout les filons avec les roches encaissantes sont brusques et assez droits. Dans les contacts, les roches encaissantes sont représentées par des brèches avec un ciment barytine, l'architecture inférieure du filon est assez simple, les filons représentent des agrégats monominéraux de baryte par fois avec des intercalations de roche. Les roches encaissantes et le minerai sont principalement peu résistant sauf le lieu où le filon passe dans les marnes dans ce cas les roches sont toutes affaiblies. Le coefficient de solidité des roches encaissantes et du minerai est de 7 à 10.

### 1.2.4. Hydrogéologie

Les conditions hydrogéologiques du gisement d'Ain Mimoun sont assez simples, on distingue :

- Les eaux de fissures bancs dans les dépôts carbonatés.
- Les eaux dans de fissures filons dans les accidents techniques.
- Les eaux de fissures sol.
- L'afflux d'eau maximal dans les galeries et de l'ordre de 100 m<sup>3</sup>/jour à 270m<sup>3</sup>/jour, lors des pluies torrentielles.

### 1.3. Etudes minéralogiques

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

- **La baryte (BaSO<sub>4</sub>)**

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

- **Le quartz (SiO<sub>2</sub>)**

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

- **Le diopside (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.

- **La chalcopirite (CuFeS<sub>2</sub>)**

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

- **La sphalérite (ZnS)**

Se présente sous forme de grains arrondis.

- **Le cinabre (HgS)**

Est représentée en dissémination dans la pana base.

- **La calcite (CaCO<sub>3</sub>)**

Donne des séparations à contact irréguliers.

- **Les hydroxydes de fer (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O)**

Sont disposés irrégulièrement dans le contact le long des fissures.

- **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.

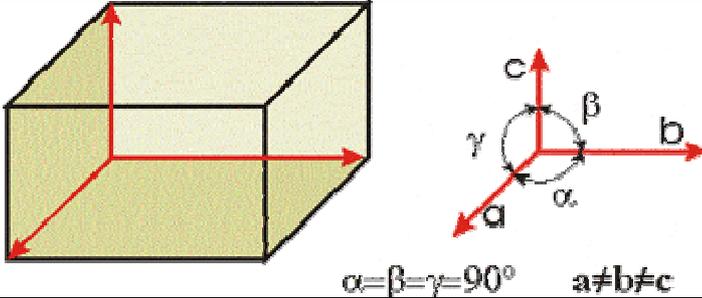
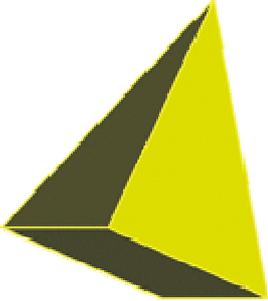
### 1.4. Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun

Le tableau ci-dessus nous montre les différentes compositions chimiques de la baryte d'Ain Mimoun.

**Tableau 01.** Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun

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

## 1.5. Caractéristiques physico-chimiques de la barytine

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

Faciès	<p>La Barytine se cristallise dans le système orthorhombique et forme habituellement des cristaux plutôt plats et mais aussi en cristaux tabulaires, prismatiques épais, rhombiques; des cristaux peuvent être présents en granulats (en général clivables), lamelliformes et fibreux (rarement) et toutes ces formes atteignent souvent des dimensions très importantes.</p> <p>Souvent ces cristaux sont lenticulaires et groupés en rosettes, les prétendues rosettes de barytine.</p>
Clivage	Parfait dans une direction, faible dans les autres. La barytine grossière constitue divers agrégats, en général clivables.
Fracture	Conchoïdale (comme celle du verre).
Couleur	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.
Trace	Blanche.
Eclat	Vitreux.
Fluorescence	La baryte n'est pas ou très peu fluorescente, par contre, chauffée, elle devient lumineuse
Genèse	<p>La naissance de veines indépendantes de baryte comprenant assez souvent un mélange de fluorine est d'ordinaire en étroite connexion avec le massif de granit. Et c'est précisément la présence de baryte en morceaux dans ces veines qui a la plus grande importance pratique. Mais les dépôts déjà cités de roches sédimentaires dans lesquelles se forment parfois des tubercules sont aussi importants.</p> <p>Elle se dépose également dans certaines sources chaudes. On trouve fréquemment la baryte dans les cavités des filons associée aux minerais sulfureux, notamment ceux du plomb, de zinc et d'argent. Elle est formée par dépôt de solutions hydrothermales remontées des profondeurs surtout à des températures élevées. Souvent, elle constitue le filon à elle seule ou bien on la trouve dans des gisements sédimentaires. On appelle "wolnyn" certaines variétés de cristaux en colonne, qui se différencient quelque peu de l'évolution normale des cristaux.</p>

## **1.6. Historique des recherches et réserves géologiques**

Le gisement barytine d'Ain Mimoun est découvert en 1968 au cours des travaux géologiques de révision de la région de l'anticlinal de Khenchela par la base (B) de l'ex SONAREM ( Chadrin et Jarrikov1968).

Les travaux spéciaux de recherche suivant les filons barytines avec évaluation des réserves ont été réalisés de 1968 à 1970.

La prospection des filons de barytes par la catégorie C-1 a été effectuée par tranchées en surface et par sondage carotté en profondeur. Pour la catégorie B, la prospection en surface et par sondage carotté en profondeur. Les réservés dans la catégorie C2 sont évaluées par extrapolation de 20 à 30 m.

Avant le début de l'exploitation, les réserves étaient de l'ordre :

Total : 2147500 tonnes à 86% de BaSO<sub>4</sub>.

Cat. B : 276500 tonnes à 90% de BaSO<sub>4</sub>.

Cat. C1 : 1372600 tonnes à 85.9% de BaSO<sub>4</sub>.

Cat. C2 : 499400 tonnes à 84.0% de BaSO<sub>4</sub>.

## ***Chapitre II***

# ***Technologie de traitement du minerai barytique d'Ain Mimoun***

---

## **II. EXPLOITATION ET TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DU MINERAI BARYTIQUE D'AIN MIMOUN**

### **2.1. Exploitation du gisement**

#### **2.1.1. Conditions générales du gisement**

L'exploitation du gisement concerne le minerai de baryte à savoir sulfate de baryum. Le minerai de baryte se trouve en forme de deux espèces l'un à cristaux grossiers qui donne des émanations allongées et agrégats à structure fibreuse, l'autre à cristaux fins forme de grains isométriques.

Les contacts de tous les filons avec les roches encaissantes sont brusques et assez droits. Les roches encaissantes sont présentées par des calcaires, calcaires dolomitiques, dolomie, grés et des argilites.

- La teneur en baryte varie de 60 % à 95%.
- La puissance des filons varie de 0,8 à 6 m.
- La dureté est de 3 à 4 pour la baryte.
- La profondeur des filons arrive jusqu'à 120 m et même plus.

#### **2.1.2- Mode d'exploitation**

L'exploitation du minerai est à ciel ouvert et souterrain.

Pour les travaux souterrains, l'accès au filon est réalisé par galerie au jour en direction ou en perpendiculaire au roche, et ceci suivant la description du filon et les conditions topographiques. Pour les travaux à ciel ouvert, l'exploitation s'effectue sur des affleurements des filons et d'autres indices (apophyse).

#### **2.1.3. Mode d'ouverture**

##### **2.1.3.1. Description des ouvertures existantes**

L'ouvrage existant pour l'ouverture est une galerie au jour dont la section est de 7,2 m<sup>2</sup> qui donne l'accès au filon soit en direction ou en perpendiculaire à la roche

##### **2.1.3.2. Choix du mode d'ouverture**

L'ouverture d'un filon consiste au choix du type, de l'endroit d'emplacement et de la position de l'ouvrage. Le mode d'ouverture rationnel doit assurer :

- La sécurité des travaux.
- Haute qualité économique.

Selon les investissements et frais d'exploitation et le degré, d'utilisation des réserves du gisement Intensité et commodité nécessaire des travaux.

Vu les conditions du relief l'ouverture retenue pour les filons est par galerie au jour creusé dans le minerai ou au rochet.

### **2.1.3.3. Pression des terrains**

L'évaluation de la stabilité du contour se fait habituellement, selon l'état de pression simple, car en qualité de critère d'évaluation, on se sert d'un coefficient de stabilité (de sécurité) en utilisant la résistance de la roche et les contraintes pour le cas de l'état de pression unilatérale. On peut faire l'évaluation de la stabilité des roches et le choix du soutènement de l'ouvrage selon la valeur du coefficient sans dimension appelé indice de stabilité qui est recommandé pour le choix du soutènement.

- Méthode d'exploitation est le plus important dans un projet, la méthode choisie doit répondre aux exigences principales suivantes:

- ✓ Protection du travail
- ✓ Intensification de l'exploitation de gîte
- ✓ Prix de revient bas d'extraction du minerai
- ✓ Performance du travail
- ✓ Pertes et dilution minimale du minerai

La décision à prendre en matière de choix de la méthode est une situation fréquente, puisqu'elle se présente non seulement pour un gisement nouveau, mais a chaque fois un paramètre important connaît une variation sensible exigeant pour le moins une adaptation de la méthode précédente.

En se basant sur les propriétés physico-mécaniques du minerai et des roches encaissantes, le pendage des filons qui varie de 28°- 80°, ainsi que des possibilités techniques de la mine, les méthodes retenues sont :

- Le sous- niveau abattu
- Chambre et piliers artificiels

Ces deux méthodes seront utilisées ainsi que la non application de ces méthodes dans le cas où un paramètre exige un changement de la méthode.

La rentabilité des méthodes retenues consiste dans la récupération rapide du minerai et une meilleure sécurité mais l'inconvénient est le volume important des travaux préparatoires.

### **2.1.3.4. Principe de la méthode**

- Sous-niveaux abattus

Pour cette méthode, les travaux préparatoires consistent au découpage des blocs par des cheminées espacées de 40 m, creusées à partir de la galerie principale vers la galerie de niveau supérieur ou la surface du jour. Le boisage de ces dernières est à cadres jointifs à deux compartiments, l'une destinée à la montée et la descente du personnel, l'autre pour le minerai.

A partir des cheminées des blocs des galeries de sous niveaux de section carrée sont creusées, un stot de protection de 04 m est conservé entre chaque deux galerie de sous niveaux.

Des entonnoirs sont creusés à partir de la galerie principale jusqu'à la première de sous niveau. Le bloc est divisé dans son milieu par une cheminée coupante à un seul compartiment creusé à partir de la première galerie de sous-niveau. Le minerai abattu tombe dans les entonnoirs d'où il est sortir directement dans les wagons.

- Chambre et piliers artificiels :

En se basant sur les conditions géologiques et miniers du filon, le système d'exploitation le plus acceptables est celui par chambre et piliers c'est-à-dire avec le soutènement de l'espace d'abattage par des piliers et avec l'abattage du front du taille sur toute la puissance du filon par des trous miniers la distance entre les piliers est de 2 m pour cette méthode , les travaux préparatoires consistent au découpage des chambres par des cheminées inclinées espacées de 30 m à partir de la galerie principale vers la galerie du niveau supérieur ou la surface du jour à partir des cheminées de la chambre d'autre cheminées sont creusées chaque 2 m.

L'abattage s'effectue par des trous de mine sur toutes puissances du filon.

Le minerai abattu est évacué à l'aide des treuils de stripage jusqu'à la galerie principale et directement versé dans les wagons.

## **2.2. Réserves Générales**

Avant d'entamer un projet d'exploitation d'un gisement, il est nécessaire de mettre en évidence sa valeur industrielle, c'est pourquoi on procède aux travaux de reconnaissance qui suivent ceux de savoir la quantité des minéraux utiles et leurs qualités. Toutes les réserves des minéraux d'un gisement donnés s'appellent géologiques suivant leurs importances dans l'économie nationale, on les partage en réserves exploitables et inexploitable.

Les réserves exploitables sont celles qui répondent aux conditions industrielles et peuvent être exploitées avec profit. Les réserves inexploitable sont des réserves qui ne peuvent pas être a présent utilisées.

### **2.2.1. Description des filons du champ minéralisé**

L'étendu des filons de baryte en direction varie largement de (20-50) m, 1400 m, d'après l'étendue se distingue les grands filons plus de 400 m de longueur, [N°= 01.02.03.04.05.10

et11] ; les filons moyens de 100 m à 400 m, de [N° 5.06.07.08.09.12] et les filons menus de premières dizaines de mètres jusqu'à 100m en profondeur les filons s'entendent jusqu'à 50-100 m.

• **Filon n°2 Est**

Situé à 6km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 10 tranchées en surface et 05 sondages en profondeur.

La maille utilisée est de 40 à 80m pour les tranchées. Et en ce qui concerne les sondages la maille est de 50 à 100m.

1. Longueur du filon : 600m
2. La profondeur du filon : 50 à 80m
3. La puissance en moyenne de 1,53m
4. Le pendage du filon de 60° à 80°m
5. La teneur en BaSO<sub>4</sub> en moyenne de 90,53% SiO<sub>2</sub> 3,73%
6. Les travaux miniers réalisées au 31-12-87:1086,6 m
7. Tout –venant extrait au 31-12-1999: 174059t

• **Filon N°3**

Situé à 6km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 09 tranchées en surface et 14 sondages.

La maille utilisée est de 40 à 80m pour les tranchées et de 60 à 120,40×50 m pour les sondages.

1. Longueur du filon: 400m
2. Profondeur du filon: 50 à 80 m
3. Puissance en moyenne 2,91m
4. Pendage au Sud-est : 28°-30°
5. Teneur en BaSO<sub>4</sub> en moyenne 90,79 %
6. Teneur en SiO<sub>2</sub> 03 %
7. Les travaux miniers réalisés au 31-12-2003 : 2120,35m
8. Tout venant extrait au 31-08-2005 : 236748t

• **Filon N°4**

Situé à 11 km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 27tranchées en surface et 20sondages en profondeur.

La maille utilisée est de 100 à 120m pour les tranchées et de 110 à 120 m, 50×60m pour les sondages.

1. Longueur du filon: 1450m
2. Profondeur du filon: 40 à 100 m
3. Puissance change en moyenne 2,1m
4. Pendage du filon : 65°- 83°au Sud est de direction Nord
5. Partie centrale 45°-64°au Sud
6. partie Ouest 47°-68°au Sud Ouest
7. Teneur en BaSO<sub>4</sub> en moyenne 81,9 %
8. Teneur en SiO<sub>2</sub> ; 10,04 %
9. Les travaux miniers réalisés au 31-12-1999 : 3220m
10. Tout venant extrait au 31-12-2002 : 130291t

**Tableau 02.** Fiche technique du filon 4

Situation géographique	Par rapport à l'usine	11 km SE
Infrastructure existante	Piste	Etat moyen
Travaux de recherches Réalisés	Tranchées	27
	Sondages	20
	Travaux miniers	-
Résultats obtenus	Longueur	1450 m
	Puissance	1,80m
	Teneur BaSO <sub>4</sub>	82,50 %
	Teneur SiO <sub>2</sub>	10,04 %
	Pendage	45°-83 °
Réserves géologiques initiales	B	-
	Teneur BaSO <sub>4</sub>	-
	C <sub>1</sub>	479000 t
	Teneur BaSO <sub>4</sub>	83,82 %
	C <sub>2</sub>	50 100 t
	Teneur BaSO <sub>4</sub>	70,23 %
	TOTAL	529 100 t
Teneur BaSO <sub>4</sub>	82, 54 %	
Tavaux d'exploitation	Date d'ouverture	1974
	Date d'arrête	2002
Extraction du minerai	Ciel ouvert	81839 t
	Souterrain	59657 t
	Total	141 496 t
	B	33890 t
	Teneur BaSO <sub>4</sub>	62,90 %

Réserves restantes	C1	279664 t
	Teneur BaSO <sub>4</sub>	67,17 %
	C2	47595 t
	Teneur BaSO <sub>4</sub>	54,26 %
	Total	361149 t
	Teneur BaSO <sub>4</sub>	62,90 %
Travaux de recherche projetés	Trav . Topographiques	-
	Travaux géophysiques	-
	Echantillonnage	Echantillon Technologique
	Tranchées	-
	Sondages	-
	Travaux miniers	-
Délai de réalisation	De : juin 2008 A : dec 2008	Total : 6 mois
Résultats escomptés	Transfert	Confirmation de 361 149 t
	Augmentation	
	Total	

• **Filon n°5**

07 tranchées en surface et deux sondages en profondeur. La maille est utilisée tous le 10m pour les tranchées 50×50m pour les sondages.

1. Longueur du filon: 200m
2. Profondeur du filon: 50 m
3. Puissance moyenne 1,5m
4. Pendage du 60°
5. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne à 84.01%
6. .Tout -venant extrait au 31-12-2002 :4860t

• **Filon n°8**

Situé à 8km à l'Est de l'usine de traitement, filon divisé en deux parties séparées l'une de l'autre par une interruption non minéralisée.

La partie Est, découverte par 18 tranchées en surface et 2sondages en profondeur

La partie Ouest, découverte par 10 tranchées en surface

1. Longueur du filon: partie Est 150m Ouest 150m
2. Profondeur du filon: 60m à l'Est
3. Puissance moyenne: partie Est 1.8m Ouest 2,5m
4. Pendage du filon le Sud-Est 60°

5. Teneur en BaSO<sub>4</sub> moyenne : partie Est 86,5 Ouest 93,0%
6. Tout - venant extrait au : 31-12-2002 :1686t

• **Filon n°9**

Situé à 9km à l'Est de l'usine de traitement.

Filon découvert par 14 tranchées en surface.

1. Longueur du filon : 750m
2. Direction Est au Nord-Est
3. Puissance change de 0,5 à 3,7 m en moyenne : 1,5m
4. Pendage du filon Sud- : 40° à 75°
5. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en 94.19%

Tout-venant extrait au 31/12/2001 partie Est : 18499T Ouest 8176t

• **Filon n°10**

Situé à 15km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 13 tranchées en surface et 08 sondages en profondeur.

La maille utilisée est de 40 à 60m pour les tranchées et de 100×120m pour les sondages.

1. Longueur du filon: 900m avec une interruption de 150
2. Profondeur du filon: 80 m
3. Puissance change de 0,2m à 5,6 en moyenne 2,1m
4. Pendage au Sud-Ouest est: 87,26%.
5. SiO<sub>2</sub> varie de 2,86 à 53,41° en moyenne 16%
6. Tout venant extrait au 31-12-1983 :26800t

• **Filon n°11**

Situé à 15km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 18 tranchées en surface. La maille utilisée est de 50m pour les tranchées.

1. Longueur du filon: 300m
2. Puissance change de 0,6m à 6m en moyenne 1,9m
3. Pendage du filon Sud- : 50°-85.
4. Teneur en BaSO<sub>4</sub> en moyenne est de 80,23% SiO<sub>2</sub> varie de 10 à 15 % en moyenne : 8,98%
5. Tout -Venant extrait au 31-12-1990 :9187t

• **Filon n°12**

Situé à 11km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 06 tranchées en surface. La maille utilisée est de 40m pour les tranchées.

1. Longueur du filon: 200m
2. Puissance moyenne : 2.0m
3. Pendage au Sud-Est : 60°-75
4. Teneur en BaSO<sub>4</sub> en moyenne de 86,2% SiO<sub>2</sub> : 12,04%

• **Filon n°13**

Situé à 8km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 06 tranchées en surface. La maille utilisée est de 50 m pour les tranchées

1. Longueur du filon: 270m
2. Puissance change de 0,5 à 2 m en moyenne : 1,3m
3. Pendage du filon Sud-Est : 70°-80°
4. Teneur en BaSO<sub>4</sub> en moyenne : 86,32%
5. Tout venant extrait au 31-12-1992 : 9512t

• **Filon n°14**

Situé à 8km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 05 tranchées en surface. La maille utilisée est de 30 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon: 150m
2. Puissance change de 1,5m à 6,6 m en moyenne : 2,0m
3. Pendage au Sud- Est : 70°-80
4. Teneur en BaSO<sub>4</sub> en moyenne : 86,73%
5. Tout venant extrait au 31-12-1999 : 294t

• **Filon n°15**

Situé à 15km l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 30 tranchées en surface. La maille utilisée est de 20 à 50 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon: 800m (avec interruption)
2. Puissance moyenne : 1,8m
3. Pendage du filon Sud- : 35°-55°.
4. Teneur BaSO<sub>4</sub> en moyenne : 89,7%

5. Les travaux miniers réalisés au 31/12/2003: 2193,65m
6. Tout venant extrait au 31-12-2003 : 46080t

• **Filon n°16**

Situé à 15km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 12 tranchées en surface.

La maille utilisée est de 20m par les tranchées.

1. Longueur du filon:200m
2. Puissance moyenne : 1,8m
3. Pendage au Sud : 38°-50°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> : 91%
5. Tout venant extrait au 31-12-1995 est de 11 635t

• **Filon n°17**

Situé à 15km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 10 tranchées en surface.

La maille utilisée est de 25 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:240m
2. Puissance en moyenne 2,4 m
3. Pendage du filon Sud : 60°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne 95, 40%
5. Tout venant extrait au 31-12-2000 :6130t

• **Filon n°18**

Situé à 16,5 km l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 03tranchées en surface.

La maille utilisée est de 15 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon: 90m
2. Puissance : 1.3m
3. Pendage varie : 60°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne : 98,4%
5. Tout venant extrait au 31-12-1996 :1442t

• **Filon n°19**

Situé à 16km l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 05 tranchées en surface

La maille utilisée est de 30 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:180m
2. Puissance en moyenne : 1,64m
3. Pendage du filon Sud- : 60°-70°.
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne : 90,64%

• ***Filon n°21***

Situé à 23km l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 06 saignées

La maille utilisée est de 80 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:450m
2. Puissance en moyenne 1,58 m
3. Pendage du filon Sud : 60°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne 92,97%

• ***Filon Kissan-1***

Situé à 16,5km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 09 tranchées en surface.

La maille utilisée est de 80 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:180m
2. Puissance en moyenne 1,44 m
3. Pendage du filon Sud-Est : 60°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne 82,87%
5. Tout-venant extrait au : 31/12/1996 :1092 t

• ***Filon Kissan-2***

Situé à 16,5km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 10 tranchées en surface.

La maille utilisée est de 20 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:190m
2. Puissance change de 0,7 à 3 en moyenne 1,95 m
3. Pendage du filon Sud-Est : 60°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> varie de 60 ,5% à 88,0% en moyenne 78,68%
5. Tout-venant extrait au : 31/12/1996 :3710 t

• **Filon Kissan-3**

Situé à 16,7km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 05 tranchées en surface.

La maille utilisée est de 20 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:100m
2. Puissance en moyenne 1,20 m
3. Pendage du filon Sud-est : 60°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne 92,12%

• **Filon Igni-1**

Situé à 18km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 20 saignées en surface.

La maille utilisée est de 75 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:1500m
2. Puissance en moyenne 1,50 m
3. Pendage du filon Sud-Est : 50°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne 80,20%
5. Tout-venant extrait au : 31/12/2000 :760 t

• **Filon Igni-2**

Situé à 18km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 04 tranchées en surface.

La maille utilisée est de 10 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:40m
2. Puissance en moyenne 1,50 m
3. Pendage du filon Sud-Est : 50°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne 80,84%

• **Filon Igni-3**

Situé à 17 km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 10 tranchées en surface.

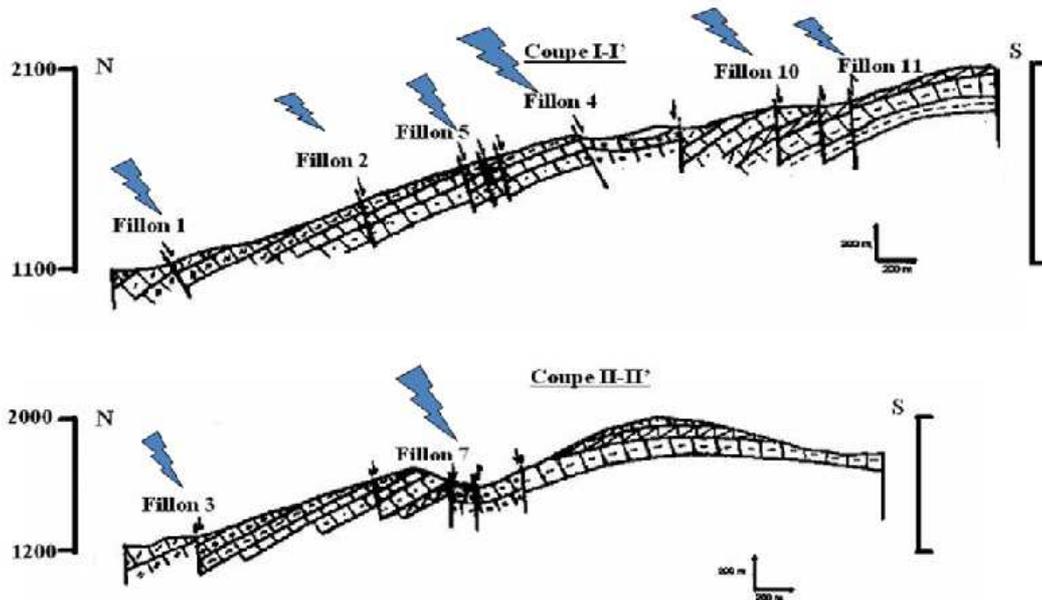
La maille utilisée est de 10 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:110m
2. Puissance en moyenne 1 m
3. Pendage du filon Sud-Est : 60°-70°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne 79,05%

• **Filon N°01 Ouest : (prolongement du filon n°1)**

Situé à 4km au Sud-est de l'usine de traitement, filon découvert par 11 tranchées en surface. La maille utilisée est de 40 m pour les tranchées.

1. Longueur du filon:584m (interruption de 183 m de la minéralisation en surface)
2. Puissance en moyenne 1,75 m (varie de 0,6 à 2,8m)
3. Pendage du filon Sud-Est : 50°-60°
4. Teneur en BaSo<sub>4</sub> en moyenne 89,94%
5. Tout -venant extrait au : 31/12/2000 :18984 t.



**Figure 02** : Coupes géologiques schématisées à travers le champ minier de Mizab

## 2.3. Technologie de traitement du minerai barytique d'Ain Mimoun

### 2.3.1. Description du processus

#### a) Installation de concassage

Le tout-venant avec une teneur moyenne de 50% en BaSo<sub>4</sub> et une grosseur maximale de 350 mm est déversé dans une trémie réceptrice de 150 tonnes de capacité. Le produit inférieur à 60 mm passe par une grille statique se trouvant à la limite d'un alimentateur, par contre le produit supérieur à 60 mm est réduit par un concasseur à mâchoire de marque BERGEAUT type VB 57 ou il est réduit à 60 mm. Les deux produits s'unissent sur une bande transporteuse qui alimente un crible vibrant de marque bergeaut type cvb1020 doté d'une seule grille de 25 mm

d'ouverture. La fraction supérieure à 25 mm passe dans un concasseur à mâchoire, ou elle est réduite à 25 mm et renvoyée dans un circuit fermé avec le crible. La fraction inférieure à 25 mm passe directement vers un concasseur à cylindre de marque NEYLTEC type 600×800 ou elle est réduite à 8 mm.

Le produit issu du concassage avec une capacité horaire de 30 t/h et d'une granulométrie de -8 mm est stocké dans une trémie tampon de 100t de capacité.

### **b) Installation de jig**

Le tout-venant de grosseur (-8+0) mm subit un enrichissement gravimétrique humide dans un jig de marque WEMCO type 5 ×11 d'une capacité théorique de 30t/h absorption. Le produit léger, représente les rejets, est acheminé avec l'eau vers la surface là où ils seront évacués des deux cotés transversaux de la machine. Le produit lourd représente le concentré, est récupéré du bas et de coté frontal de la machine pour aller vers le classificateur à vis sans fin pour la décantation. Le concentré issu du classificateur est mis en stock pour égouttage.

### **c) Installation de séchage, broyage fin et ensachage**

Le concentré avec une humidité moyenne de 12% est alimenté à l'aide d'une pelle chargeuse dans une trémie de 60 t de capacité, qui à son tour alimente à l'aide d'un alimentateur un séchoir rotatif de 14 mètres de long et de un mètre de diamètre, le produit issu du séchage avec une humidité maximale de 1% transporté par un élévateur à godet pour être stocker dans une trémie de 30t de capacité. A l'aide d'un alimentateur alvéolaire le produit séché est envoyé dans un broyeur pendulaire où le produit atteint la finesse recherchée et précisément réglée (soit 97% à la granulométrie de 74 microns) à partir d'un séparateur statique se trouvant dans la partie supérieure du broyeur. Un ventilateur exhausteur aspire les fines particules vers le haut pour être stocker dans une trémie du produit fini de 40t de capacité. Le produit fini est emballé dans des sacs de 50 kg ou conditionnent dans les bigs bags de 1,5 tonnes par des ensacheuses. Mis à part les ensacheuses qui sont de marque Testut, l'installation est de marque Soudron Sacre Belgique.

### **d) Capacités de l'installation**

Installation de concassage : 30t/h à 0-8 mm

Installation de jigage : de 20 à 30t/h en absorption de tout-venant.

Installation de broyage fin : 12 à 15 t/h.

**Tableau 03.** Les capacités et l'état des installations.

<b>DESIGNATION</b>	<b>Capacité en tonne/heure</b>	<b>Etat des équipements</b>
Concassage primaire	60	Vétuste
Concassage secondaire	35	Moyen
Concassage tertiaire	25-30	Mauvais
Jig	20-30 en tout-venant	Vétuste
Séchage	12-16	Mauvais
Broyage fin	12-15	Mauvais
Conditionnement	16	Moyen

#### **e) Les indices qualitatifs**

1. Teneur du tout venant : 50% en BaSO<sub>4</sub> en moyenne
2. Grosseur maximale à l'alimentation du tout venant : 400 mm
3. Grosseur du produit issu de l'installation de concassage : 0-8 mm.
4. Teneur du concentré : 86% en BaSO<sub>4</sub>.
5. Densité du concentré : 4,20 minimal.
6. Humidité du concentré : 12% maximal
7. Densité du produit fini : 4,20 minimal.
8. granulométrie du produit fini : 97% à 74% microns minimal.
9. Calcium sur filtrat du produit fini : 250mg/fg maximal.
10. Taux des inférieurs à 6 microns dans le produit fini : 30% maximal.

#### **2.3.2. Technologie de traitement du minerai**

Dans l'usine la méthode utilisée c'est simple, la séparation gravimétrique vue la composition du tout-venant, sans introduction de produit nocif.

Avec cette méthode, on ne peut pas obtenir plusieurs concentrés en même temps, et elle nous ne permet pas d'avoir le concentré de haute qualité. Des fois, on trouve un grand problème de séparation de deux produits ayant de poids spécifique proche l'un de l'autre. Avec cette méthode, on est obligé d'utiliser d'autres méthodes d'enrichissement.

A l'unité, on obtient le concentré de baryte ayant une teneur de 82% en BaSO<sub>4</sub>, qui est acceptable comme boue de forage pétrolier, mais elle est faible pour d'autres industrie, tels que

la céramique ou la peinture qui exige un concentré ayant une teneur supérieure à 95% en BaSo<sub>4</sub>, alors à l'unité ils sont obligés d'avoir cette qualité pour l'exigence du consommateur, de passer le concentré plusieurs fois dans le cycle du schéma de traitement.

Le minerai est transporté à l'usine par des camions dont leurs capacités est de 20t, dans un stock où elle se fait l'homogénéisation, vu la teneur en BaSo<sub>4</sub> des filons est variable.

Plus tard, le minerai se conduit vert des crible à barreaux pour le criblage préalable, ou les blocs hors gabarit plus de 400-450 mm sont débités à part manuellement ou à l'aide de moyen mécanique comme marteau piqueur. Après ce stade le minerai passe à travers trois stades de concassage. Dans le premier stade pour un concassage grossier utilisent un concasseur à mâchoires, et pour l'intermédiaire - un concasseur à cônes et en fin un concasseur à cylindre est destiné pour le concassage fin.

La productivité de cette chaîne est de 30-40t/h, selon l'indice moyen en fonction de la composition granulométrique du minerai arrivant du fond et de la carrière.

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

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

La fraction lourde (concentré) par l'intermédiaire d'une goulotte est déversée dans un classificateur à vis sans fin. Cette dernière assure la remonte du concentré en continu tout en laissant s'écouler l'eau. Le concentré évacué par le classificateur avec un taux d'humidité voisin à 20-25% est mis sur une aire de stockage à l'aide d'une bande transporteuse, pour lui permettre de s'égoutter d'avantage. La capacité du jig est de 10 t/h.

La fraction légère (stérile) est évacuée sur un air de stockage à l'aide d'une goulotte, après d'être égouttée, elle est récupérée à l'aide d'une chargeuse pour être stocké à l'extérieur du site.

Le concentré après égouttage est repris par une pelle chargeuse pour y être stocké dans une trémie à proximité de four séchoir.

L'usine est alimenté en eau claire par un sondage situé à quelques kilomètres en amont de l'usine, cette eau arrivée à l'usine par gravité est stockée dans un bassin ayant pour but d'alimenter le jigage par contre l'eau de traitement est recyclée après la décantation dans un jigage.

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

Finalement, le concentré obtenu rejoint la station de séchage au niveau d'un four rotatif à séchage direct, à l'aide d'un élévateur à godet, le minerai passe dans le broyeur pendulaire pour le broyage fin là où il atteint une dimension très fine inférieure à 0,074mm.

Les schlamms du broyage sont aspirés et stockés dans des filtres. Le produit fini marchand est ensaché dans des sacs de 50 kg sur palettes de 02 tonnes houssées et cerclées et conditionnées dans des big-bag de 1,5 tonne. Un contrôle est effectué par prélèvement sur chaque lot de 20 tonne, les résultats sont consignés sur le registre journalier de production du produit fini. L'identification des lots est décrite selon la procédure d'identification et traçabilité.

La capacité nominale de l'usine est conditionnée par le concentré issu de l'atelier de jigage qui environ de 10 t/h. (Rapport géologique de l'ORGM 1970).

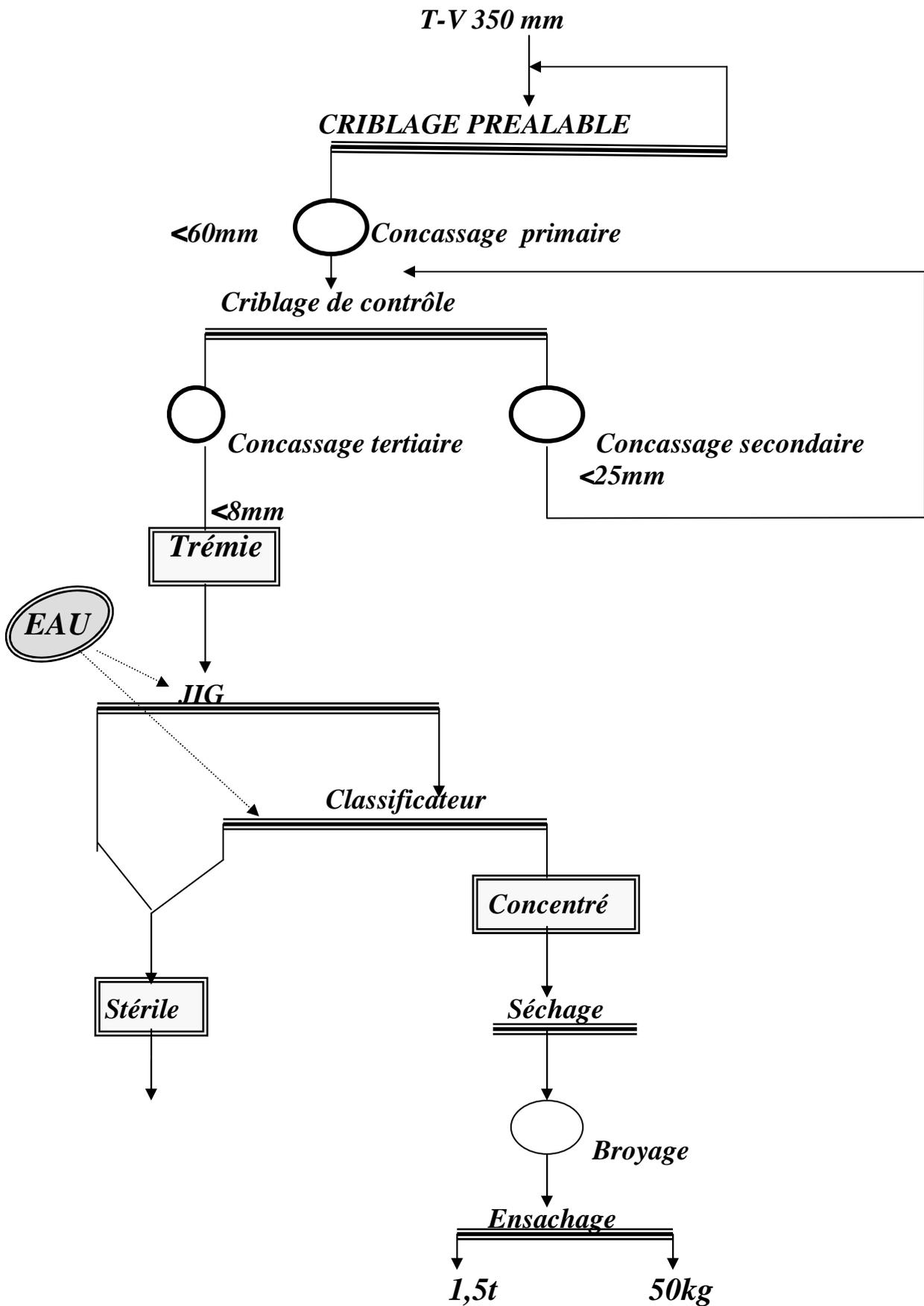


Figure 03 : Schéma technologique de traitement existant.

## 2.4. Importance et domaines d'utilisation de la matière première

### 2.4.1. Utilisation

Les utilisations industrielles de la barytine sont basées sur sa densité, sa stabilité chimique et sa blancheur. Elles concernent trois grands secteurs de l'industrie

### 2.4.2. Industrie pétrolière

Ce secteur correspond à plus de 80% de la consommation mondiale. La barytine est ajoutée aux boues de forage afin d'en augmenter la densité, ce qui permet d'équilibrer le poids des tiges de sonde et les éventuelles venues de gaz sous pression afin de prévenir les risques d'explosion. Par ajout de barytine, il est possible de porter la densité d'une boue de bentonite de 1.05 à 2.5.

Une solution concentrée de sulfate de baryum ( $\text{BaSO}_4$ ) est utilisée comme boue de forage dans les forages réalisés dans les nappes de pétrole et de gaz. De par sa densité élevée (4,5), elle empêche les morceaux de pierre de pénétrer dans les trous de forage par flottation. 80 % de la baryte produite sont utilisés à cet effet.

### 2.4.3. Industrie chimique

La barytine est la principale matière première pour la fabrication des dérivés du baryum : carbonate, chlorures, oxydes, hydroxyde, nitrates, peroxydes, et sulfates de baryum.

-Le carbonate de baryum est le sel le plus utilisé il entre dans la composition des verres spéciaux et notamment le verre des écrans des tubes cathodiques, les verres optiques, les verres anti-rayonnement, les vernis céramique.

Il est aussi utilisé dans la fabrication des produits en terre cuite tels que les tuiles et briques, afin de contrôler les effets dus à la présence de gypse ou de sulfate de magnésium, pour diminuer la porosité et prévenir la décoloration.

-Le sulfate de baryum précipité chimiquement pur, est appelé (blanc fixe) il est utilisé comme charge blanche dans les peintures, caoutchoucs, encres ... le sulfate de baryum extrêmement pur, ou (blanc baryte) est donné pour 99% de blancheur (100%=blanc idéale). Il sert d'étalon pour l'évaluation de la blancheur d'un produit.

-Le **lithopone** provient d'une double précipitation d'une solution de sulfate de zinc par une solution de sulfate de baryum. Il a été très employé en peinture pour sa blancheur, sa résistance aux intempéries, son pouvoir couvrant et son affinité pour l'huile.

-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, on obtient le baryum métal.

-Le **nitrate de baryum** est utilisé en pyrotechnie (couleur verte), dans la fabrication de balles traçantes de détonateurs et d'émaux.

-L'**oxyde de baryum** permet d'améliorer le rendement des fours électriques, dans la métallurgie.

-L'**hydroxyde de baryum** permet d'améliorer le rendement des fours électriques, dans la métallurgie et aussi L'hydroxyde de baryum entre dans la fabrication de composés électroniques et d'équipements de communication.

-Le **baryum métal** est utilisé comme capteur de gaz dans les tubes sous-vide. Il entre dans les alliages pour bougies et dans les tubes électroniques d'émission d'éléments.

-Les **ferrites de baryum** sont utilisées pour la fabrication des aimants permanents des petits moteurs électriques à courant continu très utilisés dans l'automobile.

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

Les spécifications requises concernent la composition chimique de la barytine qui doit être aussi riche que possible en  $BaSO_4$ .

La production de carbonate de baryum exige un minimum de 97 à 98% de  $Ba(Sr)SO_4$ .

Les oxydes de fer et la silice ne doivent pas dépasser 1%. Le ratio  $SrSO_4/BaSO_4$  exprimé en % doit être aussi faible que possible, environ 1%. La teneur en  $CaF_2$  doit correspondre à des traces (quelques centaines de ppm).

#### **2.4.4. Applications et commentaires**

##### **2.4.4.1. Capteur de gaz pour tubes à vide**

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

##### **2.4.4.2. Lubrifiant (additif)**

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

### **2.4.4.3. Matière de charge et colorant pour papier**

Le pigment "blanc fixe" (blanc permanent ou blanc de baryte) que l'on ajoute à du papier est le sulfate de baryum ( $\text{BaSO}_4$ ). Cette substance résiste à la lumière et à l'air, et fait office de pigment et de matière de charge. On l'utilise également dans le papier photographique (à cause de son pouvoir réfléchissant élevé), le coton, le papier, les peintures, les matières synthétiques, les articles en caoutchouc, le verre et le plâtre de parement.

### **2.4.4.4. Feu d'artifice**

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

### **2.4.4.5. Radio de l'estomac**

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

*Chapitre III*  
*Caractérisation des*  
*rejets barytiques*

---

## **III. CARACTERISATION DES REJETS BARYTIQUES**

### **3.1. Intérêt de l'étude minéralogique**

L'étude minéralogique a pour but la détermination des différents espèces minérales constituant le minerai de baryte. L'étude leur évolution dans le temps et l'espace constituant la principale préoccupation et de cette étude. L'étude minéralogique nous permettra de :

- Reconnaître les minéraux (leur nature et leur composition)
- Les proportions relatives des minéraux
- La forme et dimensions des grains
- La structure du minerai.

Cette étude permet donc l'orientation de la recherche vers la technique d'enrichissement à adapter. La structure et la texture d'un minerai sont de ce fait un facteur assez important, à ce sujet dans la plus part des gisements, les grains des minerais sont tellement fins qu'il est impossible de prévoir le degré de broyage que l'on doit leur faire subir pour obtenir une bonne séparation des divers minéraux qui les constituent.

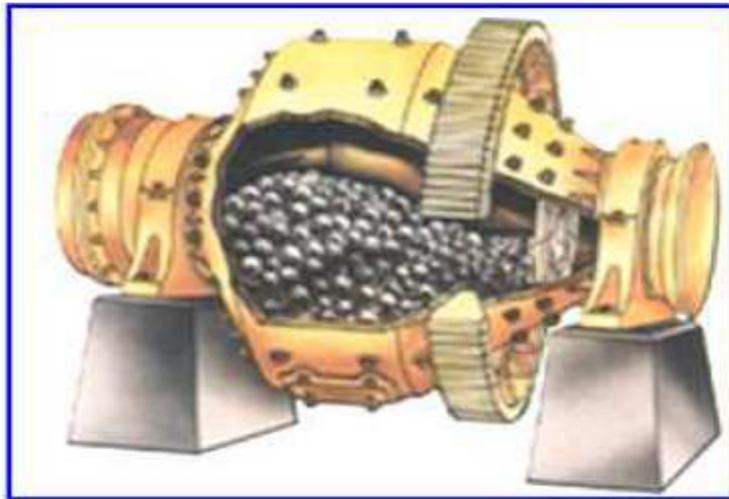
### **3.2. Echantillonnage**

L'échantillonnage constitue une étape cruciale dans le processus de caractérisation d'une matière naturelle qui peut être en différents aspects dans la nature, dans les minerais représentant les sources les plus utilisées dans l'industrie, ce qui nécessite de disposer d'une information la plus fiable possible sur le minerai à étudier afin d'obtenir un éventail d'échantillons représentatifs qui reflète toutes les caractéristiques physico-chimiques.

### **3.3. Préparation de l'échantillon**

#### **3.3.1. Broyage**

Le broyage est une opération qui consiste à réduire un solide, afin d'augmenter sa surface spécifique (surface développée de la poudre par unité de masse) et donc sa réactivité. Le broyage se fait jusqu'à la maille de libération. La maille de libération d'un minéral est la taille au-dessous de laquelle une particule de minerai est parfaitement libérée, c'est-à-dire constituée uniquement de l'espèce minérale à valoriser, le broyeur utilisé est de type caenahob cccp nhb3oy2.



**Figure 04 : Broyeur à boulets**

### Objectif

- Réduction de la taille pour atteindre libération
- Exposition de surfaces minérales
- Étape intermédiaire dans la séparation

### II- Modes d'opération

- À sec
- Une seule étape
- En circuit fermé
- Durée : 10mn

### 3.3.2. Quartage

C'est une opération indispensable pour une meilleure représentativité de l'échantillon. Avant cette opération, il est nécessaire de procéder à une homogénéisation de minerais. Il consiste à constituer une cône régulier au moyen d'une pelle, qu'on transforme sous forme de galette plate de contour plus au moins circulaire. Cette galette est ensuite partagée en quatre (04) quarts égaux. On prélève deux quarts opposés, alors que les deux autres seront gardés comme témoins (www. La. Refer.org/materiaux/).



On recommence la même  
Le procédé de quartage obéi

ier quartage.

::

**Figure 05 : procédé de quartage**

$$Q_i \geq Kd^2$$

$$m \leq Q_i / Kd^2$$

$$\text{Or : } m = 2^n$$

Avec

K : Coefficient de répartition de la minéralisation

d : Diamètre moyen de la particule.

$Q_i$  : Masse à quarter.

n : Nombre de quartage.

m : Coefficient de réduction de la masse.

### **3.3.3. Classement dimensionnel**

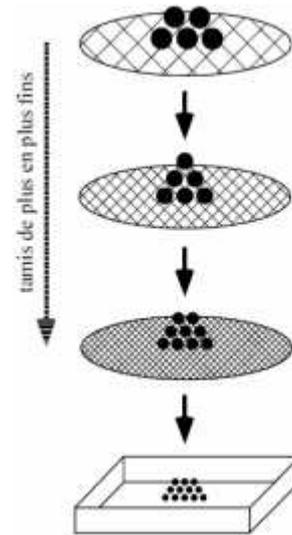
Le classement dimensionnel est effectué par tamisage de type AS200. Il permet de séparer le matériau en fractions granulaires définies par la côte de la maille carrée de tamis. Avant l'opération de tamisage il est nécessaire de sécher les échantillons dans l'étuve à une température de 105 ° C pendant 24h ; afin d'éviter le colmatage du matériau (eau d'humidité) sur les tamis utilisés.

Lors de l'essai de tamisage à sec conventionnel, la série de tamis sélectionnés (+4) mm, (-4 +2) mm, (-2 +1) mm, (-1 +0,5) mm, (-0,5) mm est empilée verticalement selon une maille des ouvertures de tamis qui décroît de haut en bas.

L'échantillon sec pesant 400 g est introduit sur le tamis du haut et le pile entier est soumise à un mouvement de secousses horizontales et verticales grâce à un appareil de tamisage avec une durée de 20mn et une amplitude de 80 impulsions/mn . Les résultats sont présentés dans le Tableau 04.



**Figure 06 :** Tamiseuse de laboratoire type Retsch AS200 Basic



**Figure 07 :** Procédure simplifiée de tamisage à sec

**Tableau 04.** Résultats de l'analyse de tamisage

Tranches granulométrique (mm)	Poids (g)	Rendement partiel (%)	Rendement cumulé passant (%)	Rendement cumulé refus (%)
+4	92,20	23,05	23,05	100 %
-4+2	64,13	16,03	39,08	76,92
-2+1	58,78	14,69	53,77	60,89
-1+0,5	49,63	12,40	66,17	46,2
-0,5+0,25	52,18	13,04	79,21	33,8
-0,25+0,16	41,17	10,29	89,5	20,76
-0,16+0,10	27,58	6,89	96,39	10,47
-0,10+0,074	10,24	2,56	98,95	3,58
< 0,074	4,09	1,02	100 %	1,02
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>100</b>	-	-

Les pourcentages des refus cumulés, ou ceux des tamis cumulés, sont représentés sous la forme d'un histogramme en portant les ouvertures des tamis en abscisse, sur une échelle logarithmique, et les pourcentages en ordonnée, sur une échelle arithmétique Figure 08.

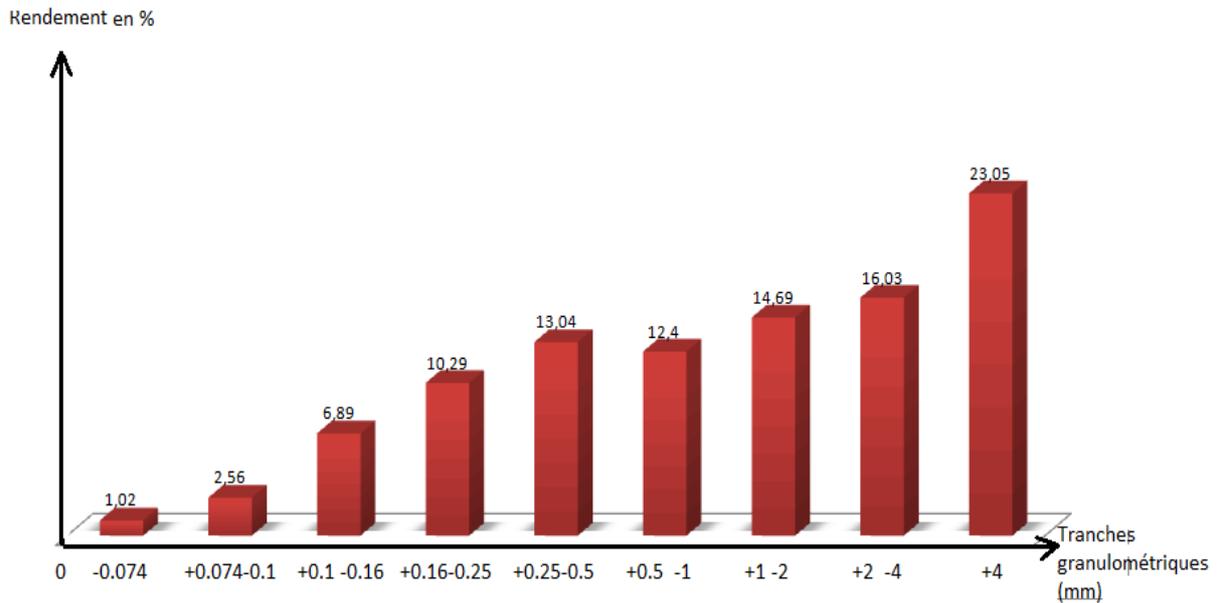


Figure08 : Rendement partiel en fonction des tranches granulométrique

L'histogramme de l'analyse granulométrique du produit broyer et , monter ce qui suit :

Le refus de la tranche (+ 4 mm), constitue au départ % du volume totale, soit le ¼ lors de la phase primaire du tamisage.

La tranche supérieur à 250 $\mu$  constitue 55% du volume global tamisé sur cette partie, la distribution granulométrique est presque équitable (soit13,04/ 12,4%/14,69%/16,03%) cette partie lors deuxième phase de tamisage.

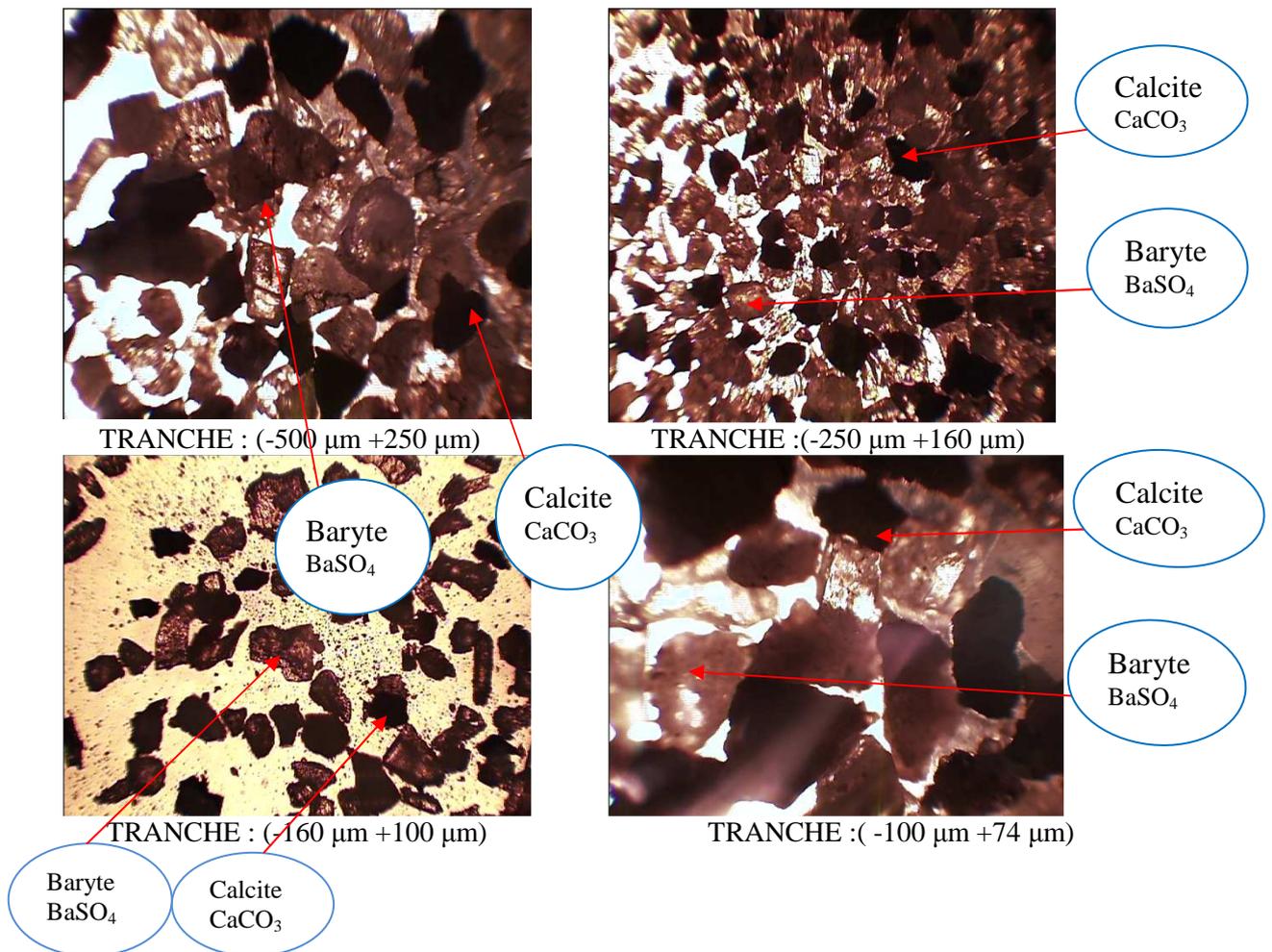
La tranche supérieure à 74  $\mu$  et inférieure à 250  $\mu$ , constitué 19%, presque 1/5 du volume globale tamisé.

Les fillers (-74  $\mu$ ), ne constitué que 1% du volume totale tamisé.

### 3.3.4. Analyse microscopique

Les classes de grosseur destinées à l'observation microscopique sont (-500+250 ; -250+160 ; -160+100 ; -100+74 ; -74+0), ces dernières ont subi préalablement un lavage et séchage au four (étuve) à 60°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. L'observation a été effectuée sous un microscope optique de laboratoire de département des Mines de l'université d'Annaba. Les résultats de l'analyse microscopique sont illustrés dans la figure 09, ils montrent que les

particules de la gangue (quartz et calcaire) partiellement libérées du corps de baryte à la tranche granulométrique (-500µm +250µm), et presque libre à la tranche (-250 µm +160 µm)



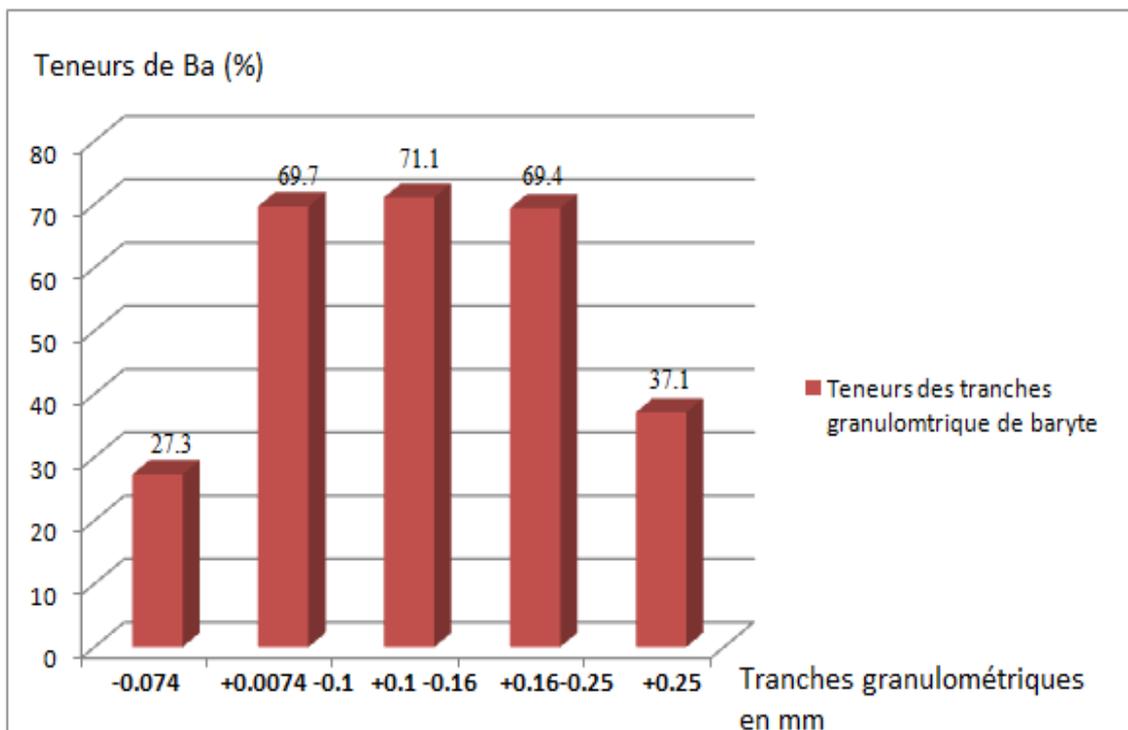
**Figure 09 :** Tranches granulométriques sous microscope, pour l'observation du degré de libération des particules et la teneur probable en baryte.

Après des observations successives multiples de chaque classe de grosseurs on a pu définir que les tranches nobles sont (-0,25+0,16) (-0,16+0,1) (-0,1+0,074), ce qui confirme les résultats de l'analyse chimique de ces dernières réalisé par le biais de l'usine de Ain Mimoun Voir le tableau 05.

Les résultats de l'analyse chimique montre que la teneur en baryte dans les classes (-0,25+0,16) (-0,16+0,1) (-0,1+0,074) atteint jusqu'à 70 %, par contre celle de la classe -0,074 mm est de 27,3 %. Voir figure 10. A cet effet, le produit doit être réduit éventuellement jusqu'à 0,1 mm pour une meilleure extraction car la libération est maximale a cette limite voir figure 09.

**Tableau 05** : Répartition du BaSO<sub>4</sub> dans les tranches granulométriques de la baryte  
0,25 -0,074 mm.

Tranche granulométrique (mm)	Teneur BaSO <sub>4</sub> en (%)
+0,25	37,1
-0,25+0,16	69,4
-0,16+0,1	71,1
-0,1+0,074	69,7
-0,074	27,3



**Figure 10** : Teneur des tranches granulométriques de rejet barytine.

## CONCLUSION

Les résultats de l'analyse de tamisage, l'observation de différentes classes de grosseur sous microscope optique, ainsi que les analyses chimiques effectués, nous ont permis de définir les classes les plus noble et dont lesquelles le degré de libération est maximale. On peut les rassembler dans les classes suivantes : (+0,25 mm, teneur 37,1% de BaSO<sub>2</sub>; -0,25+0,16 mm, teneur 69,4 % BaSO<sub>4</sub>; -0,16+0,1 mm, teneur 71,1% BaSO<sub>4</sub>; -0,1 +0,074 mm, teneur 69,7 % BaSO<sub>4</sub>; et -0,074 mm, teneur 27,3 BaSO<sub>4</sub>).

## *Chapitre IV*

# *Choix de la methode de traitement des rejets Barytine*

---

## **IV. CHOIX DE LA METHODE DE TRAITEMENT DES REJETS BARYTIQUES**

### **4.1. 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 (Gill, 1991).

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. (Gill. C.B, 1991).

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. (Wills, B. A. 1988).

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. (Ramalho, R. S. 1983).

## **4.2. Concentration gravimétrique**

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

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 (Blazy.2005).

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.

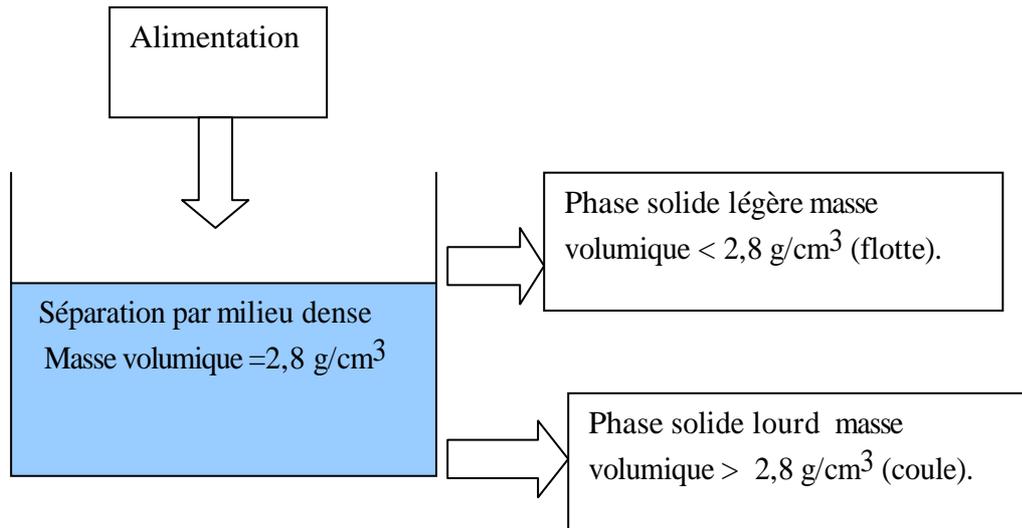
La réussite d'une séparation gravimétrique repose sur la connaissance poussée des paramètres minéralogiques du minerai à traiter (maille de libération, masse volumique des divers constituants, présence de mixtes minéralogiques, répartition granulométrique des espèces minérales, etc.). (AFEEAB.1985).

### **4.2.1. Les mécanismes de séparation gravimétrique**

#### **4.2.1.1. Mécanisme par milieu dense**

Le mécanisme par milieu dense impliquant la densité faite 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 11).



**Figure 11.** Mécanisme de séparation par milieu dense

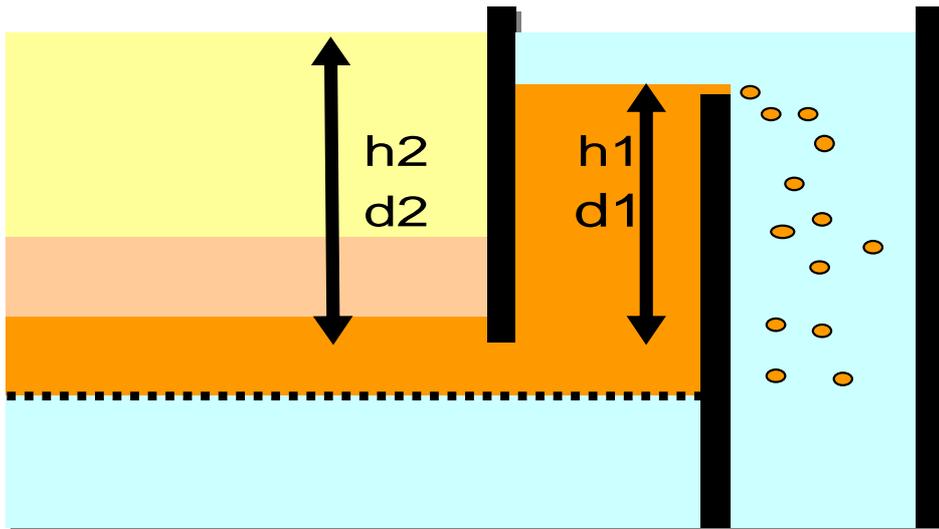
#### 4.2.1.2. mécanisme par pulsation et stratification

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 (Plumpton, A. J. 1996). (figure : 12).

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

Les particules denses dans le compartiment et provoque 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  $h_1$ .



**Figure 12.** Pulsations et la stratification

#### 4.2.1.3. 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 (Wills, B. A.1988).

#### 4.2.1.4. Mécanisme par action de secousses

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 inter-granulaire 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:

$$C_T = \frac{(\rho_L - \rho_f)}{(\rho_l - \rho_f)} \dots\dots\dots(01).$$

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 et,

$\rho_f$ ; 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 06) (Jean-Ren Michaud, 1994).

**Tableau 06.** Critère de concentration gravimétrique en fonction de la taille des particules.

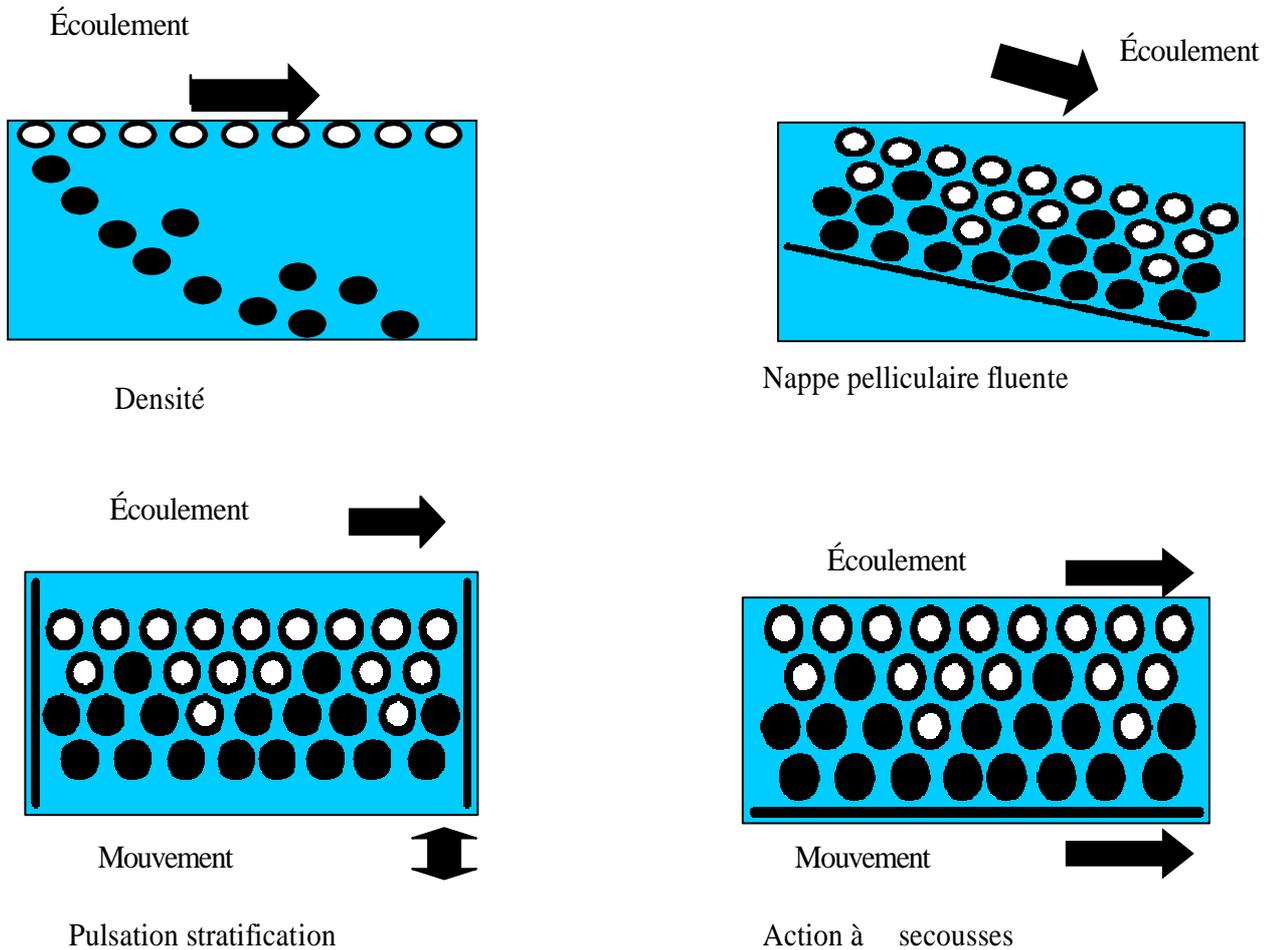
Critère	Applicabilité
> 2,5	Séparation facile pour les particules de 200 µm
2,5-1,75	Séparation efficace jusqu'à 100 µm
1,75-1,50	Séparation possible mais difficile jusqu'à 10 µm
1,50 à 1,25	Séparation possible mais difficile jusqu'à ¼ de pouce
< 1,25	Séparation presque impossible

Dans notre cas le critère de Taggart est comme suit :

$$C_T = \frac{(\rho_{BaSO4} - \rho_f)}{(\rho_{CaCO3} - \rho_f)} = \frac{(4,2 - 1)}{(2,72 - 1)} = 1,86$$

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.

Les différentes phases décrivant la progression de la stratification sont illustrées à la (Figure 13).

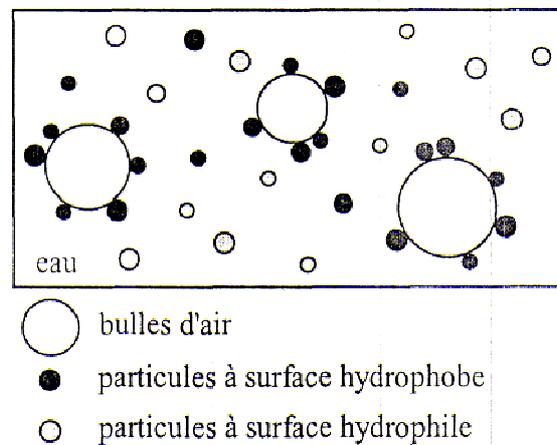


**Figure 13.** Les différents mécanismes de séparation gravimétrique

### 4.3. Concentration par la 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 14).



**Figure 14.** Fixation des particules à la surface hydrophobe aux bulles d'air

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 rendre 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 poids. 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.

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.

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.

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.

### 4.3.1. Optimisation de la flottation de la baryte

#### 4.3.1.1. Détermination du pH optimal pour la flottation de la baryte

La méthode d'analyse thermodynamique et les essais de laboratoire sont les moyens principaux pour déterminer les valeurs optimales du pH. L'analyse thermodynamique est appliquée largement depuis longtemps pour l'étude des procédés chimiques, géochimiques et hydrométallurgiques. L'utilité de cette méthode dans le domaine de l'enrichissement des minéraux (et en particulier, la flottation) est montrée dans les travaux d'Abramov [Abramov A.A., 1978 ; 1990]. Cette méthode nous permet de définir la composition des liaisons chimiques, représentant la surface des sels des minéraux, de réaliser des modèles physico-chimiques pour les procédés d'interaction de la surface minérale avec les réactifs, y compris les processus de formation de la couche du collecteur absorbé, et d'effectuer un calcul chimique complet de l'état des composants ioniques de la phase liquide de la pulpe à flotter.

La méthode thermodynamique de l'analyse est basée sur les équations suivantes:

1. l'équation de la constante d'équilibre :

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} ; \quad (02)$$

2. la relation entre l'énergie standard libre de la réaction et la constante d'équilibre :

$$\Delta F_r^0 = \sum \Delta F_{fin.}^0 - \sum \Delta F_{init.}^0 = - R.T.\ln K ; \quad (03)$$

Ou bien à 250C

$$\Delta F_r^0 = -1,364. \log k$$

Où:

K- constante de l'équilibre;

[A], [B] - concentration des composants initiaux;

[C], [D] - concentration des produits de la réaction;

a, b, c, d - coefficients stœchiométriques;

$\Delta F_{fin}$ .- énergie totale libre pour la formation des produits finaux de la réaction, Kcal./mol ;

$\Delta F_{init}$ .- énergie totale libre pour la formation des produits initiaux de la réaction, Kcal/mol;

$\Delta F$  - énergie standard libre de la formation, Kcal./mol;

R- constante universelle des gaz, 8,314 j /mol;

T- température absolue;

Abramov A. A. confirme théoriquement et expérimentalement dans ces travaux la possibilité d'estimer l'état de la surface des sels minéraux, basé sur des calculs thermodynamiques, l'idée principale de cette méthode est de créer des systèmes de réactions de base de dissociation et l'hydrolyse des minéraux dans la solution et la résolution en commun des équations réalisées faites sur la base de ces réactions.

En outre, le système élaboré doit être complété par les équations de balance et l'électroneutralité pour la conformité de la quantité d'équations et de variables. [Abramov A. A., 1978].

L'étude de l'état de surface de la baryte a été effectuée selon deux conditions :

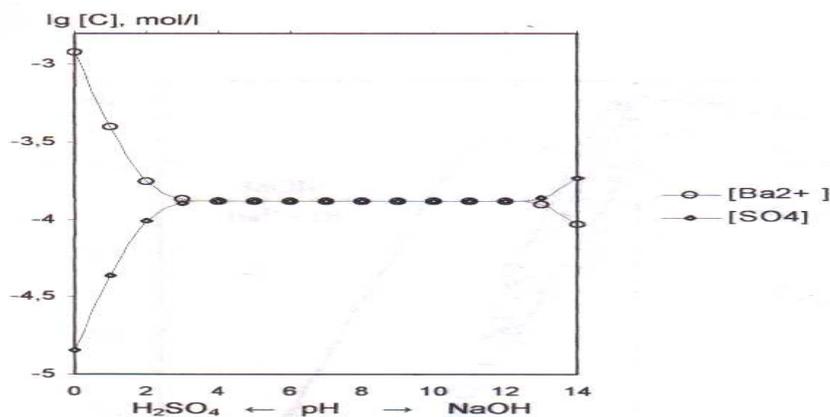
- Système fermé (pas de contact avec l'air atmosphérique) ;
- Système ouvert à l'air.

Dans le milieu alcalin sous l'influence de l'acide carbonique, d'origine gaz carbonique de l'air dissous dans l'eau, sur la surface de la baryte  $BaSO_4$  se produit une pellicule de carbonate de baryum  $BaCO_3$ , et à cet effet l'étude a considéré les deux formations  $BaSO_4$  et  $BaCO_3$ . Pour la détermination de la valeur du pH de passage  $BaSO_4$  vers  $BaCO_3$ , il est nécessaire de créer un système de réactions de base de dissociation et l'hydrolyse des deux formations et ce dernier doit être complété par les équations de balance et l'électro-neutralité pour la conformité de la quantité d'équations et de variables. [Agrofonov S. A., 2002].

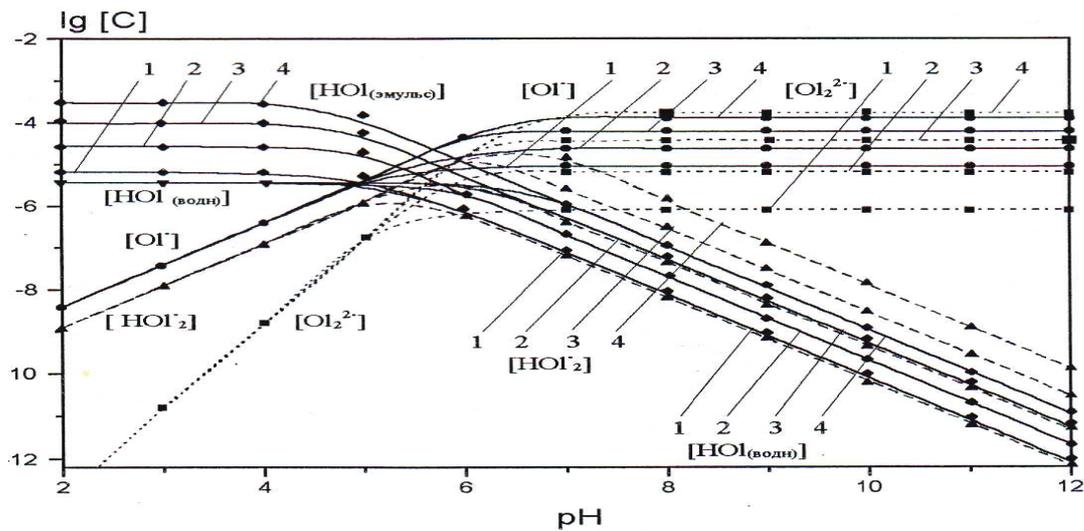
Ces calculs thermodynamiques nous ont permis de déterminer la valeur de pH conformément à l'état de dissolution minimale de la baryte et de la viterite, cette valeur est de 7,20 et 10,62. Dans ces conditions la surface minérale est caractérisée par un minimum d'énergie superficielle (énergie de Gibbs), alors les valeurs de pH déterminées peuvent être considérer comme valeurs de pH de point de charge nulle (PCN) qui correspondent aux valeurs de pH à maximum hydrophobicité.

Les valeurs de la concentration des cations et des ions déterminant le potentiel dans la présence de la baryte et les carbonates de baryum dans la solution ouverte à l'air libre, et habituellement pour les systèmes de flottation on prend la concentration globale des liaisons carbonatés égale  $10^{-5}$  mol/l [Garells M., et al. 1968]. La valeur de pH de passage de baryte en carbonates de baryum égale 10,618, par conséquent à pH de 10,618 la surface minérale est représentée par les sulfates de baryum (baryte) au-delà de cette valeur elle est représentée par les carbonates de baryum.

L'étude de l'état du collecteur d'acide oléique de sodium dans la solution [Makazanik D. V, 1999] est produite sur la base des réactions de dissociation des composants ioniques et moléculaires du collecteur à savoir :  $\text{HOI}$ ,  $\text{OI}^-$ ,  $\text{OI}_2^{2-}$ , et  $\text{HOI}_2^-$ . Lors du calcul étaient prises les concentrations suivantes du collecteur :  $3 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-5}$ ,  $3 \cdot 10^{-4}$ . Les résultats de calcul sont illustrés dans la (figure 15).



**Figure 15 :** Influence du pH sur les valeurs de concentration de  $\text{Ba}^{2+}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  dans la solution à la présence de la baryte

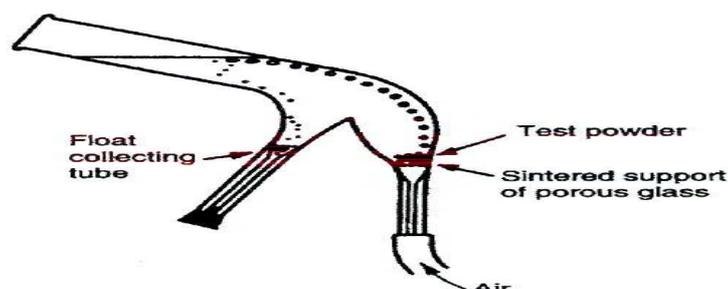


**Figure 16.** Influence du pH sur l'état de l'acide oléique dans la solution. Les concentrations du collecteur prise sont (mol/l) :  $1.10^{+5}$  (1),  $3.10^{+5}$  (2),  $1.10^{+4}$  (3),  $3.10^{+4}$  (4).

Les valeurs obtenues de concentrations des ions  $Ba^{2+}$  (figure 1) et des ions  $OI^{-}$  (figure 2) dans la solution, sont utilisées pour déterminer les valeurs de produit  $[Ba^{2+}][OI^{2-}]$  nécessaires pour la création du baryum oléique sur la surface minérale à différentes valeurs de pH de la pulpe, et en même temps de définir la concentration optimale de l'acide oléique de sodium pour l'extraction maximale du minéral.

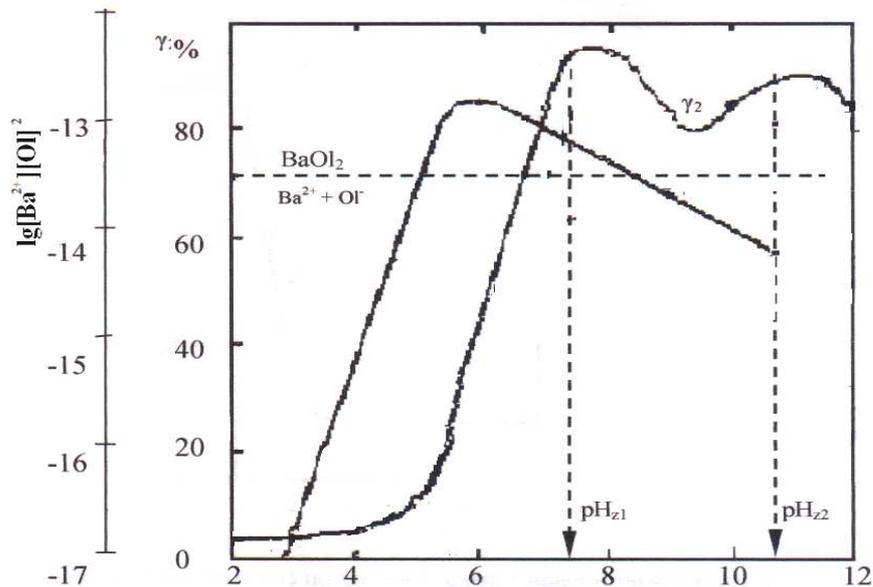
### *Essais de flottation :*

Les grains de baryte du gisement de Ain Mimoun destinés pour les essais de laboratoire ont été collectés manuellement et leur analyse chimique confirme l'absence totale de n'importe quelles stériles ou d'autres résidus. Le minéral a subi un broyage préalable et un tamisage. La tranche ( $-0,15 + 0,45$ ) mm obtenu a été utilisée dans les essais de flottation ayant été réalisés à l'aide de tube modernisé de Hallimond dont la capacité de 0,1 l (figure 17).



**Figure 17 :** Tube de Hallimond [Wills et al. 2005]

Dans chaque manipe utilise une prise de 0,1g, la concentration de l'acide oléique de sodium autant que collecteur est maintenue  $1,3 \cdot 10^{-5}$  mol/l, et comme régulateur du milieu utilise l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) et l'hydroxyde de sodium (NaOH). Les résultats de séparation ont montrés (voir figure 18) que la flottation de la baryte se produit à partir de  $pH > 4,8$  dans les conditions de formation de la baryum oléique sur la surface minérale ( $\log [Ba^{2+}][Ol^{2-}] > -13,44$ ), quoique un maximum de flottation remarqué à  $pH=7$ , là où s'est formée  $BaOl_2$ . A la valeur de  $pH=9,5$  l'hydrophobicité de la baryte diminue malgré l'adsorption importante de l'acide oléique sur la surface minérale dans le dernier cas. Selon la courbe d'extraction (fig.18), on remarque la coïncidence de  $pH$  maximum flottabilité de la baryte avec le  $pH$  de minimum solubilité ( $pH_{z1}$ ) et ( $pH_{z2}$ ), correspondant à la charge nulle de la surface minérale.



**Figure 18 :** Influence du pH sur la flottabilité de la baryte par l'acide oléique.

(Courbe 1) et le produit  $[Ba^{2+}][Ol^{2-}]$  (courbe 2). La concentration  $Na_2Ol$  est maintenue  $1,3 \cdot 10^{-5}$  mol/l. (les essais ont été réalisés dans le laboratoire de département de Minéralurgie, UEMM).

## *Discussion des résultats*

Pour une flottation parfaite d'un minéral quelconque il faut une hydrophobisation suffisante de la surface minérale, assurant une possibilité hydrodynamique de fixation des particules minérales sur les bulles d'air.

Une baisse d'hydrophobicité du baryum oléique sur la surface de la baryte peut être expliquée par la cause suivante :

- une densité insuffisante de la couverture d'adsorption due à la formation d'une couche friable de baryum oléique sur la surface minérale ;
- une faible liaison entre le baryum oléique et le réseau cristallin de la baryte, ce qui provoque lors de la flottation le détachement des particules des bulles d'air en restant noyées ou suspendues dans la pulpe.

Une meilleure flottation de la baryte dans les valeurs de pH du point charge nulle de la surface minérale peut être argumenté par les suivants:

- maximum hydrophobicité de la surface minérale grâce à l'adsorption chimique des ions de collecteur par leurs radicaux hydrocarboniques orientés vers la phase liquide, dans les conditions de charge nulle de la surface de la baryte ;
- création des conditions optimales pour l'adsorption physique des molécules du collecteur sur la surface minérale et l'assurance d'une composition favorable de la couche du collecteur nécessaire pour une meilleure flottation. L'adsorption physique joue un rôle très important dans la cinétique de fixation de la particule sur la bulle d'air et la préservation du système [bulle – particule] pendant le processus de flottation.

### 4.3.1.2. Détermination des dimensions optimales de la particule minérale et de la bulle d'air

#### a/ Influence de la grosseur du produit alimentant la flottation.

En flottation le mélange qui alimente les cellules est formé par un produit dont la grosseur varie de quelques microns jusqu'à quelque millimètre. La vitesse de flottation de ces grains qui composent le mélange n'est pas la même, il a été constaté d'après les recherches qu'on peut obtenir de bons résultats lors du procédé de flottation en utilisant une classe de grosseur intermédiaire. Les gros grains et les schlamms (10-15microns) influent négativement sur la flottation, l'influence de ce paramètre peut être expliquée en se basant sur le résultat de la dépendance qualitative de la probabilité de flottation en fonction des dimensions des particules. L'augmentation de la dimension des particules provoque l'augmentation de la probabilité de collision des grains avec les bulles d'air  $W_b$ , en même temps les forces de décollement augmentent brusquement, ce qui entraîne une diminution de la probabilité de fixation  $W_C$ . Les particules ayant une dimension intermédiaire ont une grande probabilité de flottation  $W_a$ . Il existe une limite de grosseur des particules des minéraux qui sont destinés à la flottation, les particules dépassant cette limite ne peuvent être flottées (BARWISE C.H.1988 et Eigeles.1957).

#### b/ Limite de grosseur des particules flottables des minéraux d'après les différentes conditions d'accélération de décollement à partir des bulles d'air.

Le diamètre maximal d'une particule qui flotte par une seule bulle d'air dans les différentes conditions d'accélération de décollement est calculé d'après la formule de MATVEENKO.N.V.

$$\gamma_{l-g} \cdot \sin \theta = \frac{C \cdot k}{\Pi \cdot x} (\Delta - P) d_{op}^2 + x \cdot \frac{d_{op}}{4} \left( \frac{2 \gamma_{l-g}}{R} - \rho \cdot g \cdot h \right) \quad (4)$$

Où :

x : Rapport du diamètre de la surface de contact et le diamètre de la particule.

C : Accélération de décollement des particules de la bulle d'air  $m/s^2$

K : Coefficient de proportionnalité entre cube et diamètre des particules et son volume.

$d_{op}$  : Diamètre optimale de la particule lors de la flottation cm

R : Rayon e la bulle d'air cm.

$\Delta$  :Densité du minéral  $g/cm^3$  .

$\rho_1$  :Densité du milieu  $g/cm^3$ .

Cette formule nous a permis la détermination de la variation de la dimension maximale des particules flottables de la calcite, dolomite, baryte et quartz et ceci d'après les différentes conditions d'accélération des bulles d'air minéralisées (Tableau 07).

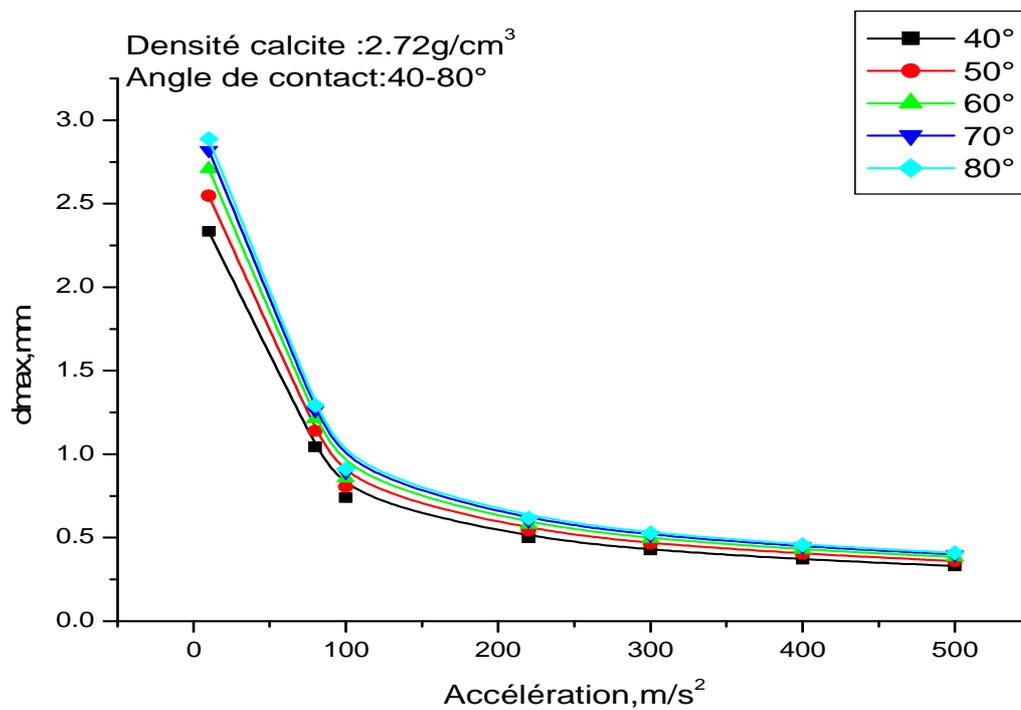
Les principaux facteurs qui déterminent la limite de grosseur des particules flottables sont la masse et l'intensité d'agitation de la pulpe. On constate que la limite de grosseur des particules flottables diminue avec l'augmentation de l'accélération des bulles d'air minéralisées lors de la flottation (figures 19, 20, 21 et 22). Cette limite est imposée également 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 friction que les petites particules puisque leur surface est plus grande (Brij M. 1986,1988).

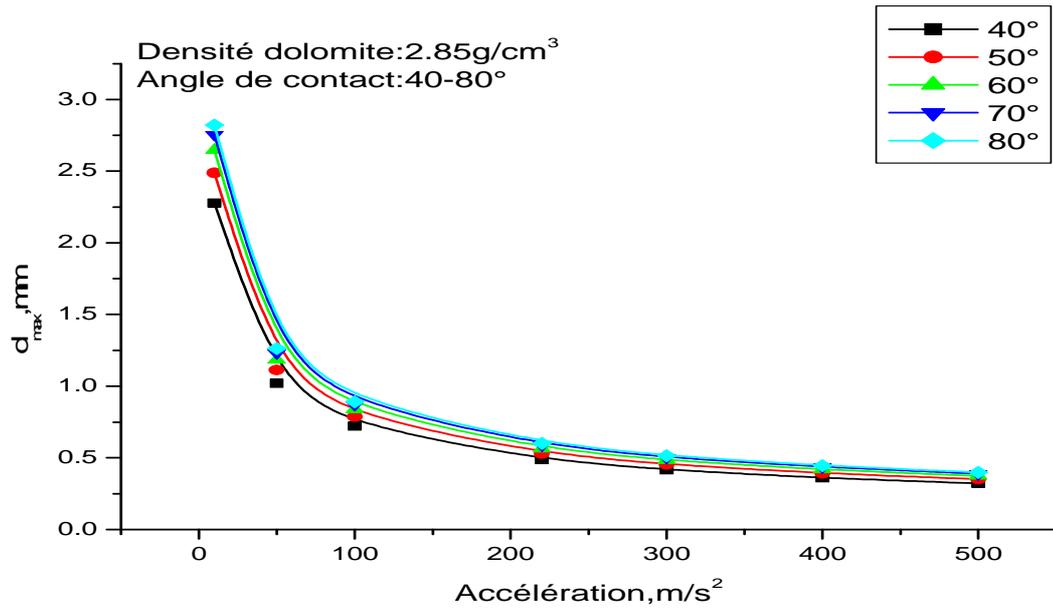
**Tableau 07.** Grosseur des particules flottables dans les différentes conditions d'accélération des courants de pulpe aérée.

<b>Minéraux</b>	<b>Angle de contact (θ°)</b>	<b>Accélération de la pulpe m/s<sup>2</sup></b>			
		<b>g</b>	<b>10g</b>	<b>22g</b>	<b>30g</b>
		<b>Grosseur des particules</b>			
<b>Calcite</b>	40	2.33	0.738	0.497	0.426
	50	2.547	0.805	0.543	0.465
	60	2.708	0.856	0.577	0.494
	70	2.821	0.892	0.601	0.515
<b>Dolomite</b>	40	2.279	0.721	0.486	0.416
	50	2.488	0.787	0.530	0.454
	60	2.646	0.837	0.564	0.483
	70	2.756	0.871	0.588	0.503
<b>Baryte</b>	20	1.87	0.18	0.08	0.06
	30	2.74	0.27	0.12	0.09

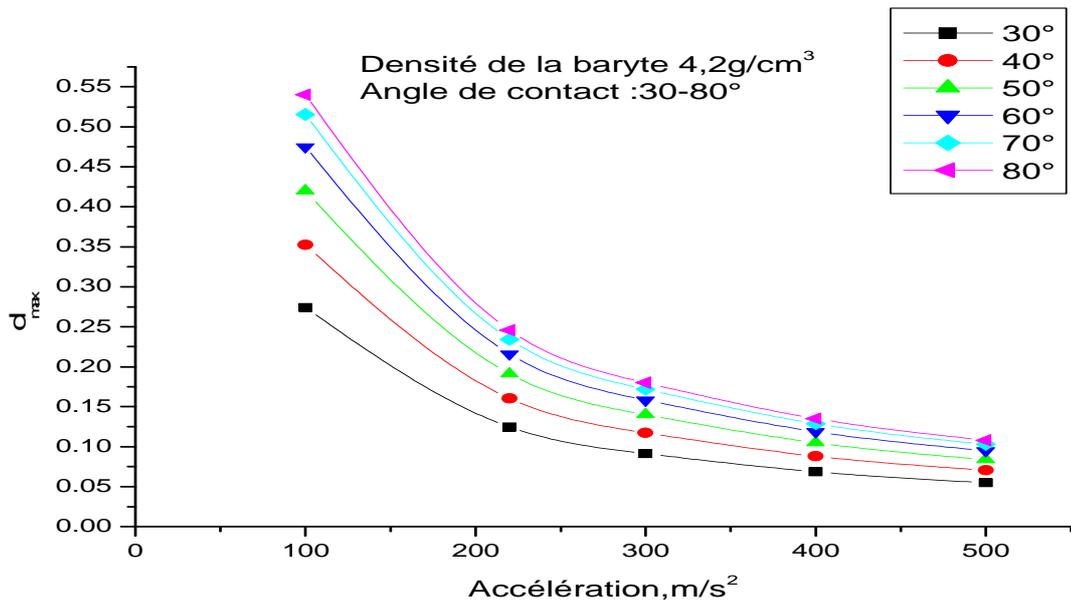
	40	3.52	0.35	0.16	0.11
	50	4.20	0.42	0.19	0.14
	60	4.74	0.47	0.21	0.15
<b>Quartz</b>	10	1.226	0.388	0.261	0.224
	40	2.359	0.746	0.503	0.431
	60	2.738	0.866	0.584	0.500
	70	2.853	0.902	0.608	0.521
	80	2.920	0.924	0.623	0.533



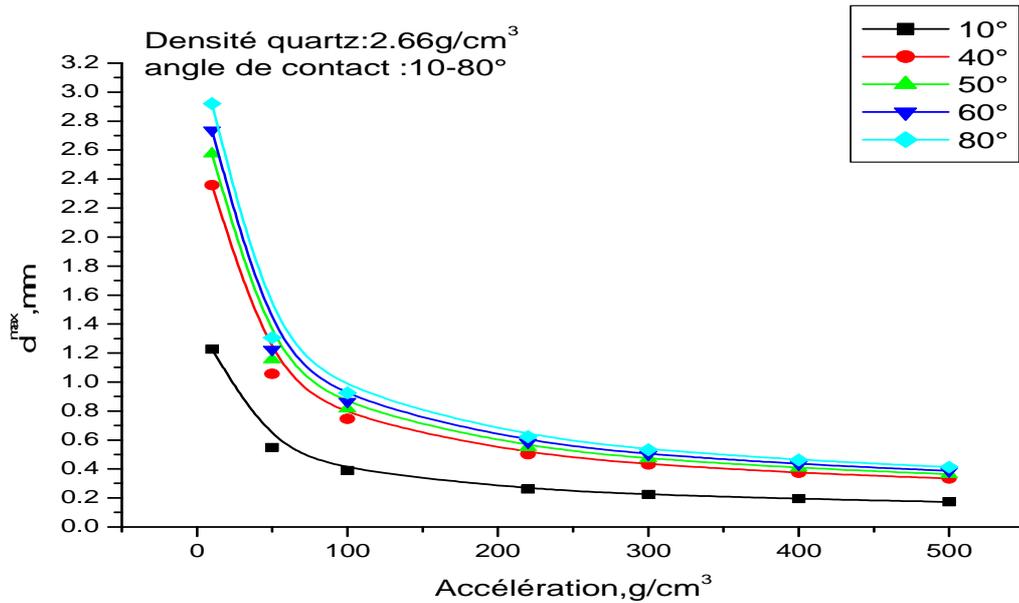
**Figure 19 :** Limite de grosseur des particules flottables de la calcite dans les différentes conditions d'accélération de décollement à partir des bulles d'air.



**Figure 20 :** Limite de grosseur des particules flottables de la dolomite dans les différentes conditions d'accélération de décollement à partir des bulles d'air.



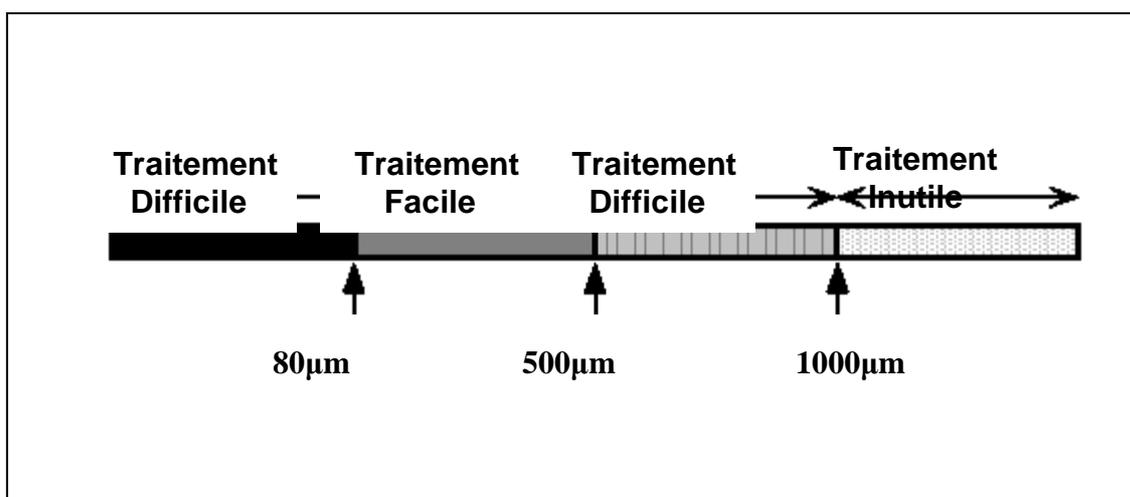
**Figure 21 :** Limite de grosseur des particules flottables de Baryte dans les différentes conditions d'accélération de décollement à partir des bulles d'air.



**Figure 22 :** Limite de grosseur des particules flottables de quartz dans les différentes conditions d'accélération de décollement à partir des bulles d'air.

### c/ Dimensions des particules destinées à la flottation d'après leur degré de libération

L'étude de la composition chimique des fractions granulométrique (0,25-0,074mm) du minerai barytine d'Ain Mimoun à partir des échantillons de base prélevés au niveau du de la mine sont données au tableau 15. IL paraît claire que le  $\text{BaSO}_4$  et les éléments qui l'accompagne étaient globalement repartis dans les tranches granulométrique naturelles du minerai comme suite.



**Figure 23 :** Degré de facilité à enrichir par flottation en fonction de la grosseur des particules.

D'une façon générale, il est assez difficile, mais non impossible, d'enrichir les particules de la baryte dont le diamètre moyen des particules est inférieur à 74 µm. Il s'agit d'une taille de particules indésirable dans les procédés de flottation.

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 (Ananthapadmanabhan.1988). 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. Le traitement des particules de diamètre variant entre 80 et 500 µm peut être facilement ou très facilement effectué à l'aide d'une gamme fort variée d'équipements minéralogiques. L'enrichissement par le procédé de La flottation du minerai de la baryte nécessite un degré moyen de libération des minéraux (0.074-0.15mm).

#### **d/ Dimensions des bulles d'air nécessaires à la flottation**

La dimension nécessaire des bulles d'air destinées à la flottation est déterminée d'après la densité de la bulle minéralisée qui devra être inférieur à la densité de la pulpe .

$$\rho_{bulle} = \frac{P_{bulle}}{V_{bulle}} < \rho_L \quad (05)$$

P : poids de la bulle d'air ;

V : volume de la bulle d'air

La grandeur  $P_{bulle}$  est pratiquement égal au poids de la particule qui s'est fixée sur la bulle d'air, on négligeant le poids de la bulle dans ce cas le poids de la bulle minéralisée égal à :

$$P_{bulle} = \Pi \cdot D^2 \cdot d \cdot \rho_s \cdot \alpha \quad (06).$$

$\alpha$  : coefficient de minéralisation des bulles d'air caractérisant la relation de la section de la surface de la bulle chargée de particules minérales et section de la surface (  $\alpha=0.03-0.3$ ).

La relation suivante donne la dimension minimale critique de la bulle d'air destinée à la

$$\text{flottation : } D_{min} > \frac{6 \cdot \alpha \cdot d \cdot \rho_s}{\rho_L} \quad (07).$$

Les bulles d'air entraînent les particules jusqu'à la surface de la pulpe où elles forment une mousse chargée. Le diamètre des bulles d'air 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 (HOUOT, R.1985).

Les dimensions nécessaire des bulles d'air destinées à la flottation sont données au (tableau 08), pour chaque minéral on a calculé le diamètre minimal de la bulle en fonction de la variation du coefficient de minéralisation de la bulle pour des particules minérales de dimensions très variées.

**Tableau 08.** Grosseur minimales des bulles d'air minéralisées destinées à la flottation.

Baryte	Diamètre des particules ; mm										
	0.074	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$\alpha=0.10-0.30$	<b>Dimensions minimales des bulles d'air destinées à la flottation</b>										
<b>0.10</b>	0.1184	0.16	0.32	0.48	0.64	0.8	0.96	1.12	1.28	1.44	1.6
<b>0.15</b>	0.1776	0.24	0.48	0.72	0.96	1.2	1.44	1.68	1.92	2.16	2.4
<b>0.20</b>	0.2368	0.32	0.64	0.96	1.28	1.6	1.92	2.24	2.56	2.88	3.2
<b>0.25</b>	0.296	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4
<b>0.30</b>	0.3552	0.48	0.96	1.44	1.92	2.4	2.88	3.36	3.84	4.32	4.8
Calcite	Diamètre des particules ; mm										
	0.074	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$\alpha=0.10-0.30$	<b>Dimensions minimales des bulles d'air destinées à la flottation</b>										
<b>0.10</b>	0.10	0.14	0.27	0.408	0.54	0.68	0.82	0.95	1.09	1.22	1.36
<b>0.15</b>	0.15	0.20	0.41	0.612	0.82	1.02	1.22	1.43	1.63	1.84	2.04
<b>0.20</b>	0.20	0.27	0.54	0.816	1.09	1.36	1.63	1.90	2.18	2.45	2.72
<b>0.25</b>	0.25	0.34	0.68	1.02	1.36	1.70	2.04	2.38	2.72	3.06	3.40
<b>0.30</b>	0.30	0.41	0.82	1.224	1.63	2.04	2.45	2.86	3.26	3.67	4.08
Dolomite	Diamètre des particules ; mm										
	0.074	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$\alpha =0.10-0.30$	<b>Dimensions minimales des bulles d'air destinées à la flottation</b>										
<b>0.10</b>	0.11	0.14	0.29	0.43	0.57	0.71	0.86	1.00	1.14	1.28	1.43
<b>0.15</b>	0.16	0.21	0.43	0.64	0.86	1.07	1.28	1.50	1.71	1.92	2.14
<b>0.20</b>	0.21	0.29	0.57	0.86	1.14	1.43	1.71	2.00	2.28	2.57	2.85
<b>0.25</b>	0.26	0.36	0.71	1.07	1.43	1.78	2.14	2.49	2.85	3.21	3.56
<b>0.30</b>	0.32	0.43	0.86	1.28	1.71	2.14	2.57	2.99	3.42	3.85	4.28
Quartz	Diamètre des particules ; mm										
	0.074	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$\alpha=0.10-0.30$	<b>Dimensions minimales des bulles d'air destinées à la flottation</b>										
<b>0.10</b>	0.10	0.13	0.27	0.40	0.53	0.67	0.80	0.93	1.06	1.20	1.33
<b>0.15</b>	0.15	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
<b>0.20</b>	0.20	0.27	0.53	0.80	1.06	1.33	1.60	1.86	2.13	2.39	2.66
<b>0.25</b>	0.25	0.33	0.67	1.00	1.33	1.66	2.00	2.33	2.66	2.99	3.33
<b>0.30</b>	0.30	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00	2.39	2.79	3.19	3.59	3.99

## 4.4. Technique et choix d'un schéma de flottation de la baryte

### 4.4.1. Technique de la flottation de la baryte

La baryte appartient au groupe des minéraux facilement flottant. La flottabilité de la baryte par l'acide oléique et le mélange d'acide carbonique s'améliore dans le milieu alcalin dont le pH  $> 7$ .

Les sels des métaux bivalents de cuivre, du plomb et du zinc ainsi ceux trivalents de fer et d'aluminium, provoquent la dépression de la baryte. A petite quantité d'un mélange du verre liquide avec le chromate de sodium déprime facilement la baryte, alors que les réactifs d'origine organiques (le tannin, l'amidon, le dextrine. etc) déprime la baryte que dans les milieux fortement basic ou bien acide, étant activant de sa flottation à pH 7-9.

La flottation de la baryte s'effectue habituellement dans un milieu alcalin, au tant collecteur utilisent l'acide oléique, huile de sulfates, les acides pétroliers ou bien les alkyle-sulfates dont la quantité est de 0,5 – 1,5 kg/t. la plus grande sélectivité présentent les alkyle-sulfates à chaîne non polaire contenant 15 – 17 atomes de carbone. [Abramov A. A., 1984].

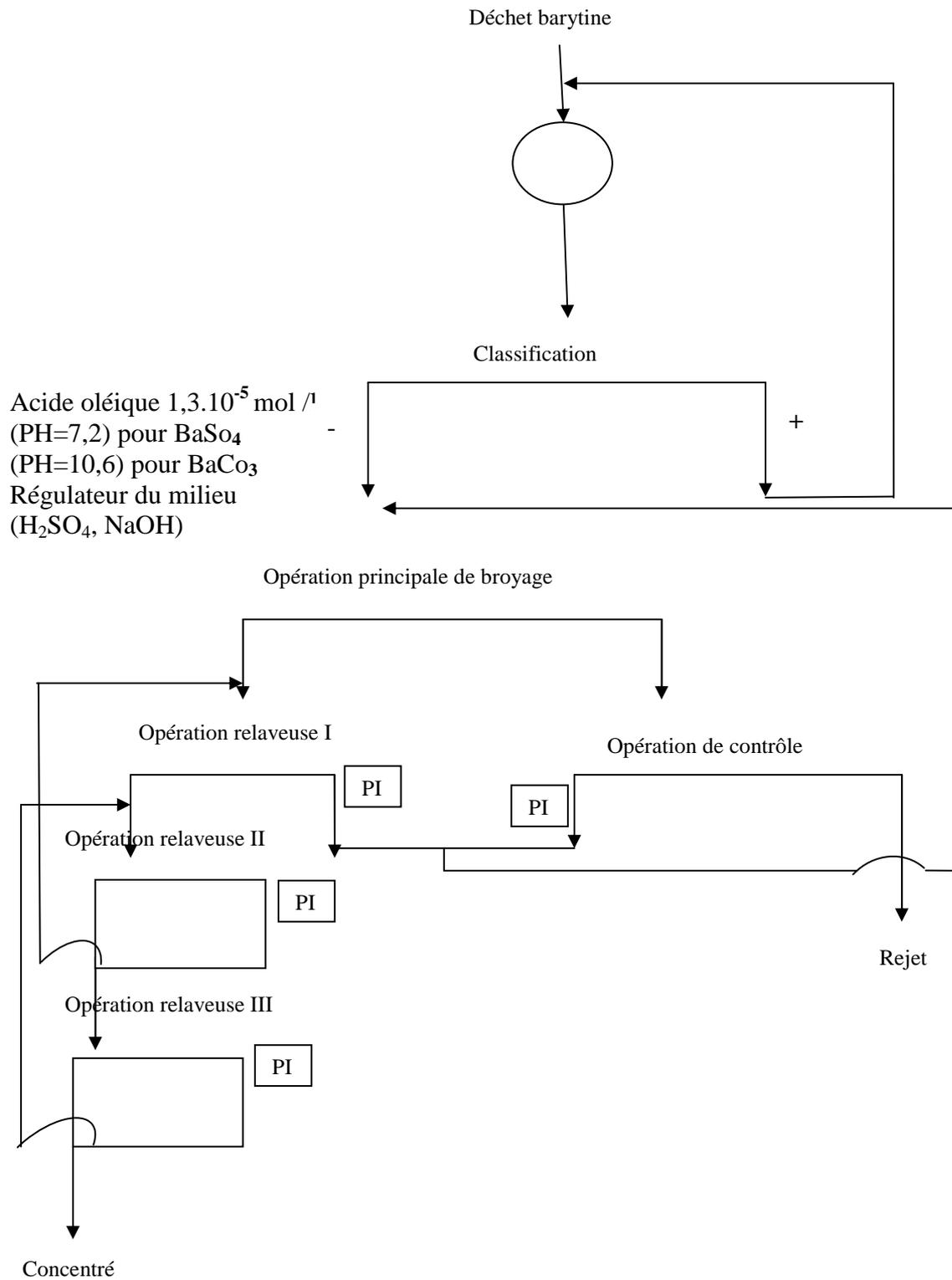
L'extraction de la baryte est beaucoup plus facile si les stériles sont représentés par le quartz et les silicates qu'on peut les déprimer par de petites quantités de verre liquide.

La consommation du verre liquide augmente d'une manière brusque (jusqu'à 1,5 – 4 kg/T) avec l'augmentation de la teneur en carbonates de calcium et de magnésium dans les stériles. Etant donné qu'un excès de la concentration du verre liquide dans la pulpe provoque la dépression de la baryte, alors la présence des carbonates de calcium et de magnésium même en petites teneurs dans le minerai exige un traitement préalable du concentré d'opération principale ou bien du produit intermédiaire par la méthode de Petrov N. S. [Abramov A. A., 1984]. D'après cette méthode, le produit doit être épaissis préalablement jusqu'à 50 – 60 % de solide, puis le faire conditionner pendant 30 – 60 min à température de 80-85 C° dans une solution de verre liquide à concentration de 0,3- 2 %. On procède à la flottation de la baryte après le refroidissement de la solution jusqu'à 25 – 40 C° en ajoutant de l'eau froide. Cette procédure aide à desorber les molécules du collecteur des particules de calcite et dans ce cas leur dépression devient très facile.[Abramov A. A., 1984].

Si la teneur en fer oxydé dans le minerai est importante, alors la flottation de la baryte se produira dans un milieu sodique à pH = 11, en qualité de déprimant utilisent le fer oxydé metacilicate de sodium (0,5 – 1 kg /t).

#### **4.4.2.Choix de schémas de flottation de la baryte**

Les schémas d'extraction de la baryte par la technique de flottation sont généralement très simples. Habituellement ils contiennent une opération principale, une de contrôle et deux à trois opérations relaveuses. Dans certains cas, le concentré de la troisième opération relaveuse subit une classification par des hydro cyclones. Les sous verses d'hydrocyclone sont destinés pour l'industrie pétrolière, tandis que les surverses obtenus après deux à trois opérations relaveuses sont employés pour l'industrie chimique.( wies, a.1991)



**Figure 24.** Schéma de traitement proposé.

## CONCLUSION

La recherche bibliographique, l'analyse thermodynamique et les calculs mathématiques, effectués pour bien choisir le procédé convenable pour la séparation de la baryte des rejets barytine, 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 barytine 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  $\text{BaSO}_4$ .
- L'optimisation des paramètres de flottation a permis de définir les valeurs optimales pour une bonne extraction de  $\text{BaSO}_4$  pouvant atteindre jusqu'à 95% à savoir:
  - $\text{pH}=7$  on  $\text{BaSO}_4$  et  $10,6 \text{ BaCO}_3$
  - la concentration de l'acide oléique nécessaire pour une flottation complète de la baryte est de  $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$
  - dimensions optimales des particules destinées à la flottation sont (mm) : 0,074 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 et 1,0.
  - Un schéma de flottation direct de la baryte a été proposé.

**Chapitre V**  
*Impact environnemental de la  
baryte d'Ain Mimoun*

---

## **V. IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

### **5. Evaluation des impacts sur l'environnement**

La liste des interrelations entre l'exploitation minière et les composants du milieu, dans un cadre général, et représentée dans la matrice d'interrelation.

#### **5.1. Impact sur les eaux**

##### **5.1.1. Enjeux techniques de l'eau dans l'environnement minier**

Les différents cas d'atteintes à l'environnement par les exploitations minières dans le domaine des nappes et des eaux superficielles (débit, circulation, assèchement, etc.) et (ou) sur la qualité des eaux.

Les causes possibles de ces impacts, liées différents moments de la vie d'une exploitation, sont les suivantes :

- Sondages
- Alimentation en eau de l'usine de traitement
- Exhaure
- Rejet des eaux de traitement
- Infiltration à travers les stériles de laverie
- Ennoyage après la fin de l'exploitation
- Modification des caractéristiques mécanique des roches.

#### **5.2. Les sondages**

Lors de la reconnaissance et du cubage d'un gisement par sondage, on se préoccupe principalement du succès ou de l'échec de la prospection et on néglige les données hydrogéologiques, pouvant entraîner la mise en communication de deux nappes superposées et la modification ainsi du système hydraulique. L'effet d'une telle négligence peut se faire sentir au stade de l'exploitation et l'on connaît des cas de venues d'eau brutales et importantes par le canal de trou de forage non colmaté.

Pour le cas de la mine de Ain Mimoun, la zone d'étude a été l'objet de foration de sondages géologiques, mais le réseau hydrogéologique et hydrologique de la zone d'étude n'est pas assez important pour donner lieu à une modification majeure du système hydraulique et à des venues brutales d'eau (aucune information de ce genre n'a été signalée jusqu'à ce jour).

### **5.3.L'alimentation en eau de l'usine de traitement**

A ce niveau, le problème environnemental n'est posé que si les ressources en eau sont limitées et qu'il faudrait décider entre deux utilisations concurrentes, par exemple, entre l'industrie lourde et l'agriculture, et de ne pas remettre en cause les conditions d'accès à la ressource en eau.

En effet, le problème de manque d'eau est réel dans la région et un avantage est donné à l'agriculture. Cependant, la mine d'Ain Mimoun a procédé elle-même à des sondages hydrogéologiques et actuellement elle alimente en eau son usine de traitement à partir du sondage n°3 situé dans l'oued Bakir, à 3 km au Sud de l'unité.

### **5.4. L'exhaure**

Le pompage de l'eau d'exhaure, donc l'abaissement local de la nappe phréatique, peut entraîner l'assèchement de sources d'approvisionnement en eau potable de collectivités locales. Les problèmes sont alors réglés par des négociations dans le cadre du code minier et du code des eaux.

En général, la mine souterraine doit être distinguée de la mine à ciel ouvert. Pour celle-ci, il peut se produire une détérioration de la qualité des eaux d'exhaure (pH, éléments traces dissous, etc.) en fonction de la nature pétrographique et chimique de l'encaissant.

Les phénomènes qui causent cette atteinte à l'environnement sont les mêmes que ceux qui interviennent lors de la remise en eau après exploitation d'une mine souterraine.

Les eaux d'exhaure d'une mine métallique souterraine sont en général d'excellente qualité parce qu'il s'agit du pompage dans une nappe. Les collectivités locales profitent souvent gratuitement

de cette eau pompée par l'opérateur et des contentieux apparaissent lors de la fermeture de la mine.

Pour le cas de la mine d'Ain Mimoun, l'eau d'exhaure n'est pas importante.

## **5.5. Le rejet des eaux de traitement**

Le problème de rejet des eaux de traitement a fait l'objet depuis longtemps de mesures de la part de l'industrie minière, mais actuellement la situation est complètement maîtrisée, notamment dans les mines métalliques.

En effet, d'une part le recyclage tend à se généraliser et d'autre part les affluents sont envoyés sur le dépôt des stériles de laverie qui, pendant toute la durée de l'activité de mine, joue le rôle d'un filtre.

A l'unité d'Ain Mimoun, le bassin des rejets des eaux de traitement joue le rôle de décanteur des boues de traitement et l'eau est recyclée vers le traitement humide de l'usine.

## **5.6. Les stériles**

### **5.6.1. Les stériles de mine**

Il y a d'abord les stocks de minerais pauvres extraits pour atteindre le minerai normal, dont la teneur est supérieure à la teneur limite. Leur teneur en sulfures est assez élevée pour que l'eau de ruissellement à travers ces tas ait un pH bas et des métaux en solution.

Les autres stériles peuvent venir du décapage dans une mine à ciel ouvert, des traçages dans une mine souterraine. Dans le cas où les roches contiennent quelques pour cent de sulfures (pyrite par exemple), avec les infiltrations à travers ces stériles, on entre dans un type d'impacts sur l'environnement hydrologique dont on se préoccupait peu par le passé et qui représentent des enjeux importants. Ces impacts apparaissent le plus souvent après la fermeture des exploitations.

L'hétérogénéité, principalement granulométrique et morphologique, mais aussi de composition, des stériles de mine rend difficile des mesures représentatives et des prévisions. Pour le cas de la mine d'Ain Mimoun, il n'y a pas de dépôts de stériles de mine.

### **5.6.2. Les stériles de laverie**

Il s'agit généralement d'un matériau homogène, de fine granulométrie et avec des teneurs en métaux supérieures à celles des stériles de mine. Les problèmes causés à l'environnement sont connus et deux points sont à considérer: la stabilité et la qualité des eaux infiltrées.

Ces deux points sont pris en compte dès le début du dépôt. A son achèvement, la construction de canaux de détournement en prévision de précipitations exceptionnelles termine les dispositions à prendre pour la stabilité de l'ouvrage. Celle-ci dépend du niveau de l'eau dans les stériles, le contrôle est assuré par des piézomètres.

La qualité de l'eau sortante après percolation est variable dans le temps et des contrôles périodiques devraient permettre de prendre les dispositions qui, pour le moindre coût, permettraient de respecter les normes de qualité des eaux.

Les stériles de l'usine de traitement de Ain Mimoun ne posent pas de problème pour l'environnement car il s'agit d'un produit calcaireux naturel sans aucun additif chimique ou autre.

### **5.6.3. L'ennoyage après la fin de l'exploitation**

C'est le problème peut être le plus ardu qui demande le plus d'études complexes et spécifiques et le plus de participations constructives de ta part de l'Administration pour arriver à des solutions raisonnables. On retrouve les deux types d'effets; dynamiques et chimiques.

Pour les effets dynamiques, on citera les exploitations importantes de charbon. Des zones marécageuses ont été asséchées depuis longtemps par l'exhaure continue et peuvent être devenues des zones industrielles ou d'habitation. Par ailleurs, des affaissements de surface dûs à l'exploitation ont pu modifier la topographie. Localiser les émergences pour en définir la vulnérabilité et trouver les remèdes n'est pas si aisé. Les exploitations ont profondément modifiées les terrains, et les modèles hydrogéologiques, pour être adaptés à cette situation, sont très spécifiques.

Du point de vue chimique, les eaux sont souvent chargées en sels métalliques du fait du lessivage des cavités.

La qualité des eaux évolue considérablement dans le temps à partir de la date d'émergence. On comprend l'intérêt de modéliser ce phénomène pour prévoir les mesures à prendre, il s'agit d'un problème complexe aux lourdes répercussions financières.

Pour le cas des quartiers souterrains actuellement en exploitation à Ain Mimoun, il n'y a pas de problème d'exhaure de ce genre.

### **5.7. La modification des caractéristiques mécaniques des roches**

Cette modification se produit dans les grandes exploitations (charbon, fer, sel) et l'exploitation crée des zones de forte porosité autour des chantiers souterrains, créant des réservoirs.

Ces réservoirs se remplissent si le pompage est arrêté, et l'on assiste à l'émergence d'aquifères créés artificiellement. On note quelquefois, pendant la période de remontée des eaux, des reprises d'affaissement.

Pour le cas de la mine de Ain Mimoun, qui est une petite ou moyenne exploitation qui crée de petits vides ou zones de porosité dont le remplissage en eau n'a qu'un impact très minime sur les caractéristiques mécaniques des roches.

### **5.8. Interactions eaux/roches**

Un aspect commun aux préoccupations environnementales, notamment celles concernant la qualité des eaux utilisées pour l'alimentation humaine, est l'importance des interactions, en surface ou en profondeur, entre l'eau et les roches, à cause des micros phénomènes à l'origine des sources de pollution après perturbation des circulations et des équilibres eau-roches-atmosphère (précipitations atmosphériques).

En général, dans l'environnement minier, en dehors de l'impact directement lié à l'extraction du minerai lui-même, les nuisances générées se situent à plusieurs niveaux. La pollution chimique des eaux superficielles et souterraines ainsi que la contamination des sols par des métaux lourds et des ions acides, voire radioactifs (drainage acide), sont probablement les plus importantes.

Bien d'autres effets polluants-doivent être mentionnés, même dans le cas où ces résidus sont inertes ou considérés comme tels:

- immobilisation de surfaces cultivables ou utilisables à d'autres fins,
- destruction de l'écosystème local,
- effet sur l'organisation du réseau hydraulique (depuis la simple sédimentation de particules fines ou "siltation", dans le moindre cas, jusqu'à la destruction complète du régime hydraulique dans d'autres cas),
- risques de glissements de terrain,

- destruction du paysage,
- Pollution aérienne, etc.

### **5.8.1. Interactions eaux/roches en surface**

Les résidus de traitement se composent de particules relativement fines, à cause de l'opération de broyage, et se présentent fréquemment sous forme de particules solides en suspension aqueuse. Ils sont alors souvent très réactifs du fait de cette finesse et de leur composition minéralogique sulfurée. Leur tenue mécanique est fréquemment médiocre, mais leurs éventuelles utilisations comme par exemple en produit de charge en seront facilitées.

Pour le cas de la mine d'Ain Mimoun, les résidus de traitement sont stockés à proximité du bassin de décantation et leur qualité de produit calcaireux naturel n'est pas polluante.

### **5.8.2. Interactions eaux/roches du fond**

Au cours de son écoulement, l'eau interagit chimiquement avec le milieu rocheux et sa composition dépend de la nature des roches et du temps de contact eau/roche. Les eaux profondes sont en général réductrices et notablement minéralisées, tandis que les eaux superficielles sont le plus souvent faiblement minéralisées et plutôt oxydantes.

L'impact hydrodynamique de travaux miniers en cours d'exploitation se traduit par des conséquences sur le plan de qualité des eaux où deux types de phénomènes peuvent être observés:

1. L'exhaure amène au jour sans dilution des eaux profondes dont la nature chimique peut poser des problèmes de rejet dans l'environnement, comme par exemple le fer dissous qui précipitera dans les conditions oxydantes de surface.
2. L'abaissement de la surface piézométrique de saturation des roches qui étaient auparavant noyées et provoque l'apparition de conditions oxydantes qui modifient l'interaction eau/roche. Il en résulte un changement de la composition chimique des eaux. Ces divers phénomènes peuvent rendre indispensable un traitement des eaux d'exhaure avant leur rejet.

Si l'impact peut être assez facilement contrôlé et les nuisances maîtrisées pendant la période d'exploitation, le problème est plus délicat après l'abandon des travaux.

En effet, l'arrêt de l'exhaure provoque la remontée des eaux et l'ennoyage des vides d'exploitation, en conditions chimiques plutôt oxydantes propices à la dissolution de certaines

phases minérales,-en particulier celles qui contiennent des métaux. Au moment de la reprise des écoulements naturels, il est ainsi fréquent d'obtenir des eaux dont la composition chimique est très différente de celle d'origine et dont la qualité est parfois incompatible avec un rejet dans l'environnement.

Au fil du temps, la qualité des eaux s'améliore, le plus souvent avec le retour des conditions réductrices. La qualité finale des eaux émises dépend des conditions locales (hydrodynamiques du site et paragenèse minérale). Pour le cas de la mine d'Ain Mimoun, il n'y a pas de problème réel d'eau d'exhaire et les interactions eaux/roches, étroitement liées à la gestion des eaux d'exhaire, ont un impact très minime sur la qualité de l'eau.

## **5.9. Impact sur les sols**

### **5.9.1. Les dégâts miniers**

En général, les exploitations souterraines provoquent des mouvements de terrains en surface qui influencent plus ou moins défavorablement l'environnement concerné, notamment dans le cas de vides d'exploitation importants et de plasticité des terrains des couches géologiques supérieures.

Les vides créés par l'exploitation dans le sous-sol, en raison des contraintes existantes au sein du massif, ne peuvent s'éliminer que par des tassements plus ou moins brutaux. Les terrains situés au-dessus du panneau exploité s'effondrent en provoquant la déconsolidation des couches géologiques supérieures.

Toutes ces déformations et tassements se transmettent en surface où il y a création d'un effondrement appelé "cuvette d'affaissement".

Dans l'emprise de cette zone d'affaissement, beaucoup de déformations générées par l'affaissement sont transmises aux structures bâties, mais l'ampleur des désordres y est liée à la plasticité des terrains des couches géologiques supérieures.

On peut limiter les risques inhérents à ces modifications de surface en appliquant la méthode de remblayage: par exemple, le charbon soutiré en sous-sol est remplacé par un autre solide, sable ou schistes. Cette technique réduit l'importance des tassements en surface mais n'y supprime pas totalement les désordres appelés "dégâts miniers". Pour le cas de la mine de Ain Mimoun, il s'agit

d'exploitations souterraines de très faible envergure en montagneuse, non concernée par des habitations futures. Ainsi, les dégâts miniers sont inexistant.

### **5.9.2. La contamination des sols**

Comme on vient de le voir, ci-avant, dans les interactions eaux/roches, la contamination des sols peut provenir éventuellement de la pollution chimique des eaux superficielles en métaux lourds et en ions acides, notamment au niveau de la digue des stériles (rejets du traitement du minerai). Pour le cas de la mine de Ain Mimoun, la contamination des sols dans les quartiers d'exploitation au fond est inexistante car il n'y a aucun apport extérieur de contaminant et l'équilibre de l'écosystème local au fond de la mine est respecté.

Pour ce qui est du bassin de décantation des stériles de traitement, on n'utilise aucun réactif et l'impact de la contamination des sols est inexistant.

### **5.9.3. Impact sur le milieu naturel**

Une exploitation minière à ciel ouvert peut avoir un impact sur la faune et la flore de la zone d'influence de l'étude, particulièrement en ce qui concerne les espèces menacées, écologiquement uniques et économiquement ou esthétiquement souhaitables.

Ce n'est pas le cas pour une exploitation minière souterraine. Quant à l'usine de traitement, elle se situe presque à l'intérieur du village et n'a aucun impact sur Le milieu naturel constitué par la faune et la flore.

### **5.9.4. Impact sur le paysage**

Le paysage est une perception de l'espace, image perçue d'un système complexe d'éléments issus d'un grand nombre de facteurs physiques (géologie, géomorphologie, pédologie, climatologie) auxquels il convient d'ajouter l'action anthropique (humaine).

Le principal problème (l'impact sur le paysage) que représente la construction d'installations industrielles est son impact visuel auquel il faut ajouter la modification de la valeur culturelle du paysage.

Pour le cas des carreaux des quartiers d'exploitation souterraine, ils se confondent avec le paysage montagneux et sont quasi invisibles. Quant à l'usine de traitement, elle a en effet un impact visuel moyen sur le paysage.

Cependant, des efforts sont à consentir pour la réalisation de masques végétaux notamment autour de l'usine de traitement, ce qui accélérera l'intégration paysagère de ces structures techniques dans le site.

## **5.10. Impact lie aux poussières**

Les poussières représentent le principal polluant au niveau de la mine de Ain Mimoun, notamment au niveau de la pulvérisation de l'usine de traitement, et elles font l'objet dans le présent rapport d'une présentation assez détaillée par rapport aux autres polluants.

### **5.10.1. Généralités sur les poussières**

On désigne par "poussières" des particules pulvérulentes de toutes sortes répandues dans l'atmosphère et produites au cours d'opérations mécaniques divers (concassage, broyage, criblage, manutention de matériaux, foration, tir d'abattage, etc.). Elles se mettent en suspension dans l'air pendant une durée plus ou moins longue tout en se propageant selon leurs caractéristiques physiques (formes, grosseurs, densités, etc.) et celles du milieu ambiant (vent, humidité, température, etc.)

### **5.10.2. Propriétés des poussières**

a) Les propriétés physiques des poussières se caractérisent par leur vitesse de chute (notamment la capacité de suspension des plus fines), l'inertie de leurs particules, leurs mouvements browniens dans l'air, leur thermo-diffusion (d'une surface froide vers une surface chaude) et leur aptitude à la charge électrique.

b) Les propriétés chimiques des poussières se résument essentiellement en l'inflammabilité, l'expansivité, la nocivité et la toxicité, d'où l'importance de connaître au préalable leurs constituants chimiques.

### **5.10.3. Classification des poussières selon leurs effets**

On classe généralement les poussières en deux catégories: selon leur effet biologique et selon leur granulométrie.

a) La classification selon l'effet biologique des particules poussiéreuses se fait en quatre catégories:

- **les poussières inertes** qui s'accumulent dans le corps sans provoquer aucune réaction;

- **les poussières toxiques**, contenant des composés métalliques plus ou moins solubles, qui peuvent avoir des effets aigus ou chroniques sur certains organes du corps humain;
- **les poussières allergènes** qui peuvent donner l'asthme;
- **les poussières fibrogènes**, qui sont insolubles et à l'origine de maladies professionnelles graves telles que la fibrose, la silicose, etc.

b) La classification selon la granulométrie des poussières se fait en trois catégories:

- **les grosses poussières**, dont les particules ont un diamètre moyen supérieur à 5 microns, en suspensions instables dans l'air;
- **les poussières fines**, dont les dimensions sont comprises entre 5 et 0,25 microns, en état de dispersion tel qu'elles semblent échapper aux lois de la pesanteur;
- **les poussières ultra-fines**, dont la dimension est inférieure à 0,25 microns et qui ne sont visibles qu'au microscope électronique (poussières colloïdales).

#### **5.10.4. Conséquences de l'impact lié aux poussières**

L'impact lié aux poussières a généralement les conséquences suivantes:

- la pollution de l'air engendrant la détérioration de la qualité de la vie et un impact sur la santé publique;
- un effet négatif sur la faune et la flore;
- un effet négatif sur le paysage, le tourisme, les engins, etc.

#### **5.11. Impact sur la santé publique**

Les poussières ont un effet négatif sur la santé des travailleurs, tant pour ceux qui sont situés directement aux sources d'émission de poussières que pour ceux qui en sont relativement éloignés, et pour les populations avoisinantes.

Les poussières ont des conséquences sur les organes respiratoires des personnes et sont à l'origine des maladies de pneumoconiose: silicose, asthme, etc.

Tenant compte du rôle du vent, qui peut transporter les poussières sur une longue distance, les habitants des villages miniers sont en général exposés, surtout lorsqu'ils sont situés dans la même direction que celle du vent, aux maladies dues aux émissions de poussières, notamment les enfants et les personnes allergiques.

Le degré de perturbation est bien sûr plus fort pour les personnes travaillant aux postes sensibles (sources d'émission de poussières) et il devient plus faible plus on s'éloigne de ces points sensibles.

## **5.12. Impact sur la flore et la faune**

L'effet des polluants poussiéreux sur les végétaux est très mal connu, mais il a été constaté quelques manifestations physiologiques ou parasitaires, dues certainement à des polluants chimiques, sur certaines plantations situées à proximité des sources de pollution.

L'effet des poussières sur la flore est caractérisé par la dégradation avec le temps des plantes, le ralentissement du processus de photosynthèse (après constitution d'un écran), la diminution de leur durée de vie, etc., créant ainsi une gêne réelle pour l'agriculture et pour l'aspect paysager.

La pollution par les poussières de l'atmosphère joue aussi un rôle non négligeable en faveur du déplacement et de l'émigration des espèces animales.

## **5.13. Sources d'émission de poussières à Ain Mimoun**

Les principaux centres d'émission de poussières à l'unité d'Ain Mimoun sont les suivants:

### **5.13.1. Emissions de poussières au fond**

Les émissions de poussières dans les chantiers souterrains se situent aux niveaux de la formation des trous de mine, des tirs à l'explosif, de l'aération des fronts d'abattage, des opérations de chargement et déchargement du minerai tout-venant.

### **5.13.2. Emissions de poussières en usine**

Dans l'usine de traitement, on a des émissions de poussières au niveau du concassage, mais surtout au niveau de la pulvérisation du concentré avant son ensachage.

L'impact des fines poussières de l'atelier de pulvérisation - conditionnement du produit fini, malgré la présence de dépoussiéreurs, est réel.

# ***CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS***

---

## CONCLUSION GENERALE

L'étude de la revalorisation des déchets barytines a été réalisée suivant des différentes étapes étant résumées en six chapitres. Les résultats de cette étude approfondie nous a conduit de conclure les points suivants :

- les classes nobles dont lesquelles le degré de libération est maximale sont rassemblées dans les suivantes : (+0,25 mm, teneur 37,1% de BaSO<sub>2</sub> ; - 0,25 +0,16 mm, teneur 69,4 % BaSO<sub>4</sub> ; -0,16+0,1 mm, teneur 71,1% BaSO<sub>4</sub> ; - 0,1 +0,074 mm, teneur 69,7 % BaSO<sub>4</sub> ; et -0,074 mm, teneur 27,3 BaSO<sub>4</sub>).
- L'utilisation du procédé de séparation magnétique est défavorable vu que les composants des rejets barytine 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>.
- L'optimisation des paramètres de flottation a permis de définir les valeurs optimales pour une bonne extraction de BaSO<sub>4</sub> pouvant attendre jusque 95% à savoir:
  - pH=7 pour BaSO<sub>4</sub> et pH=10,6 pour BaCO<sub>3</sub>
  - la concentration de l'acide oléique nécessaire pour une flottation complète de la baryte est de  $1.3.10^{-5}$  mol/l
  - dimensions optimales des particules destinées à la flottation sont (mm) : 0,074 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 et 1,0.
- un schéma de flottation direct de la baryte à été proposé pour une éventuelle revalorisation des déchets barytique, afin de extraire la substance utile des rejets d'un coté, et de réhabiliter le site de Ain Mimoun d'un autre.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abramov A. A.** méthode de traitement par flottation, édition Nedra Moscou 1984.
- Abramov A. A.** notions théoriques sur l'optimisation de la flottation sélective des minerais sulfurés. page 9-10. édition Nedra Moscou. 1978
- Abramov A.A.** de la flottation du minerai barytine. méthodes d'analyse des systèmes de flottation. page 90-95. édition Nedra Moscou. 1990
- Agrafonov S.A.** optimisation de la flottation du minerai barytine. thèse de master. Université d'état des mines de Moscou 2002.
- Ananthapadmanabhan, K, P, and Somasundaran, P.** Acid-Soap formation in Aqueous Oleate Solution, journal of colloid and interface science, 1988,122 (1), p.104-109.
- Ananthapadmanabhan, K.P. and Somasundaran,P.,**Acide-Soap Formation in Aqueous Oleate Solutions. Journal of Colloid and Interface Science, 1988, p.104-109.
- Barwise, C.H.** Barite flotation with floatel selective collectors, note technique Fospur Ltd, Somercotes , Derby ; England , March 1988.
- Blazy, El-Aid Jdid ;** flottation mécanisme et réactifs, pierre, technique de l'ingénieur, traité génie des procédés j3350 P 12-16.
- Dr. Brij M. Moudjil.** Separation of dolomite from the South Florida phosphate Rock Volume II FIPR 82 -02-023 February 1986. Principal Investigator Florida Institute of phosphate Research Bartow, Florida.
- Dr. Brij M.** Separation Of Dolomite From The South Florida phosphate Rock volume III Publication N°02-023-66 February 1988p391-394. Prepared by principal Investigator Moudjil Center For Research In Mining And Mineral Resources. Department Of Materials Science and Engeneering. University Of Florida Gainesville 32611.
- Chadrin et Jarrikov** menèrent des travaux de prospection dans la région des Aurès En 1968.
- Eigeles , M, A :** Selective Flotation of non selective minerals , progress in mineral dressin , Trans , 4<sup>th</sup> Intern .Min .Dress. Congr., Stockholm, pp 591-609, 1957.
- Ganels M,** et al solution, minéraux et équilibre. édition mir Moscou 1968.

- Ghiani, M. i. Massacci, p.** : Contributo alla conoscenza del poterre collettore delle Amine alifatiche primarie nella flottazione di alcuni minerali non metallici, Res.
- Gill. C. B.** Materials Beneficiation. New York: Springer-Verlag;; p. 245. 1991.
- Wills, B. A.** Mineral Processing Technology, 4<sup>ième</sup> edition ed. Oxford: Pergamon Presse; 1988; p.855.
- Gregory, G.R.E.C;** the Determination of Residual Anionic Surface-active Reagents in Mineral Flotation liquors, Analyst, 1966, 91,251,257.
- Hanna, H.S.** and Somasundaran, P.: Flotation of salt-type minerals in Flotation, A.M. Gaudin Memory volume, Ed.Fuerstenau, New York, pp. 196-272, 1996.
- Houot, R.,** Save, m.,fromigué, B.et vigoureux,P. : Industrial sulphonates and barite Flotation, I.M.M. Trans., vol. 14, sect.C, N012, pp.C195-C200, 1985.
- Houot, R,** save M, Fromigué, B. et Vigoureux, P, Industrial sulphonates and barite flotid anloation, IMM, Trans, vol. 14, sect, N° 12, pp, C195-C200, 1985.
- Jean-ren michaud.** Guide pour l'évaluation et le choix des technologies de Traitement des sédiments contaminés. Document rédigé, 1994; N° de catalogue. En 40 450/1993F.
- Makazanik D.V ;** détermination des paramètres optimaux de la flottation de la fluorite1999.
- Mizumiva, T,** Iwano , K , Matsuoka, I , and Hotta ,Y., Spectrophotometric Determination of sodium Oleate with Nile Blue - determination of the amounts of sodium Oleate adsorbed on nonsulfide minerals. Journal of the mining and metallurgy Institute of japan , 1977, 77(6), 435 - 439.
- Associazione, Mineraria sarda, N° 4, April 1968.
- Pierre Blazy, Robert Joussemet.**Publication : 10 mars 2005
- (AFEEAB)** Association française pour l'étude des eaux et Analyse des boues, Généralités et analyse physique. Tome N°1, Paris; 1985.
- Plumpton, A. J** -Le CRM à l'avant-garde en matière de concentration gravimétrique. Bulletin D'Information Du Centre De Recherche Minérale; 1-4 Juin 1996.
- Ramalho, R. S.** Introduction to Wastewater Treatment Processes. 2<sup>ième</sup> édition New York Academic Press; 1983; p. 80,132.
- Associazione Mineraria S arda, N°4 ,Aprile 1968.
- WIES, A.** : conception et étude d'un circuit de flottation, Fac. Sciences Appl, Université libre de Bruxelles ,123pp. ; 1991.

