



République Algérienne Démocratique Et Populaire



Ministère De l'Enseignement Supérieure Et De La Recherche Scientifique

Université Abbes LAGHROUR-Khenchela

Département des sciences la matière

N° : de Série :.....

Mémoire de fin d'études

Pour L'obtention Du Diplôme De Master II(LMD)

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie des matériaux

Intitulé

Production et analyses spectroscopiques de la baryte

Réalisé par :

- HAKKAR Amina
- SEKKIOU Nessrine

Dirigé par :

Pr. BOUMAZA Abdecharif

Devant le jury composé de :

Rapporteur :	Pr. BOUMAZA Abdecharif	Université Abbes LAGHROUR-Khenchela
Présidente :	MCB. HEZIL Nawel	Université Abbes LAGHROUR-Khenchela
Examinatrice :	MAA. FALEK Wahiba	Université Abbes LAGHROUR-Khenchela

Présenté le 25-06-2018

Année Universitaire 2017/2018

Au nom du dieu le clément le miséricordieux

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

- ✓ *Mon très cher père, qui me nourrit toujours de ses sages conseils.*
- ✓ *Ma très chère mère, celle qui m'apporte toujours sans condition son amour.*
- ✓ *A tous mes adorables et très chers frères «Miloud et Youssef» et ma sœur «Samiha» pour leurs patiences et leurs confiances.*
- ✓ *Toute ma grande famille HAKKAR.*
- ✓ *Tous mes enseignants.*
- ✓ *À mon binôme « NESSRINE » et sa famille*
- ✓ *Tous mes amis qui ont toujours été présents pour m'aider et m'encouragé.*

HAKKAR Amina

Au nom du dieu le clément le miséricordieux

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

- ✓ *Mon très cher père, qui me nourrit toujours de ses sages conseils.*
- ✓ *Ma très chère mère, celle qui m'apporte toujours sans condition son amour.*
- ✓ *A ma adorable sœur « rahima » pour leurs patience et leurs confiance*
- ✓ *Toute ma grande famille SEKKIOU.*
- ✓ *Tous mes enseignants.*
- ✓ *À mon binôme « AMINA » et sa famille*
- ✓ *Tous mes amis qui ont toujours été présents pour m'aider et m'encouragé.*

SEKKIOU Nessrine

Au nom du dieu le clément le miséricordieux

Remerciement

Je tiens à remercier tout d'abord mon directeur de recherches, Professeur Cherif boumaaza, pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.

Qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde gratitude. Je voudrais également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques.

Je tiens aussi à remercier chef du département de science technologie à l'Université de kenchela : Dr hezil nawel ainsi que tout le personnel et les enseignants du département pour leur soutien inestimable.

A tous mes enseignants qui m'ont initié aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect et d'un profond amour !!!

Merci à vous tous

Listes des figures

Chapitre I : Généralités sur la baryte

Figure I-1 (a) Baryte massive commerciale [I.3], (b) baryte massive d'Ain Mimoun-W/Khenchela, (c) baryte de type rosette-d'Ain Mimoun, et (d) baryte avec des taches d'azurite* (taches bleues) et de et de malachite* (taches vertes).....	2
Figure I-2: les principales industries consommatrices de baryte [I. 8].....	10
Figure I-3: (a)Evolution de la production de la barite depuis 1930, (b) principaux pays producteurs de la barite, (c) principaux pays exportateurs, (d) principaux pays importateurs, et (e) comparaison entre importation et production de la barite en Algérie [I.9-10].....	11
Figure I-4: Evolutions des prix du baril de pétrole et ceux de la production de la barite (exemple du Maroc) [I. 11].....	12
Figure I-5 : poudre de baryte d'Ain Mimoun- Khenchela.....	15
Figure I-6 : Localisation Géographique du gisement d'Ain Mimoun [I.17].....	16

Chapitre II : Technologie d'obtention de la baryte

Figure II 1 : (a) Pourcentages de baryte par catégorie, et (b) quantité en Réserve.....	19
Figure II 2: Histogrammes rassemblant les données sur les filons, (a) teneur en BaSO ₄ , et (b) longueur du filon.....	30
Figure II-3: L'embouchure de la galerie niveau 1730m, filon n°4.....	31
Figure II-4: Cheminée servant comme passage du personnel, reliant les deux niveaux d'exploitation 1690m et 1730m, filon n°4.....	31
Figure II-5: Le compresseur alimentant les deux niveaux d'exploitation en aire comprimée, filon n°4.....	33
Figure II-6: Local tracteur (diésel), filon n°4.....	33
Figure II-7: Pelle sur rail de chargement, filon n°4.....	33
Figure II-8: Trémie de réception.....	34
Figure II-9: Soutènement en bois dans la galerie de niveau 1730m, filon n°4.....	35
Figure II-10: Chargement de tout-venant dans le camion de transport vers l'usine	36

Listes des figures

de traitement.....	
Figure II-11: Vue générale de la station du traitement actuel de Ain Mimoun.....	37
Figure II-12: Crible vibrant.....	38
Figure II-13: Concasseur à mâchoires.....	38
Figure II-14: (a) La station de jigage, (b)-(c) Séparation gravimétrique du minerai barytique, et (d) concentrée.....	39
Figure II-15 : Station de séchage et broyage.....	39
Figure II-16: Station de séchage.....	40
Figure II-17: Le broyage du produit semi-fini jusqu'à 70 µm.....	41
Figure II-18: Poudre de baryte d'Ain Mimoun.....	41
Figure II-19: Le produit broyé (produit fini) stocké dans la trémie ;Big - bag de 1,5 Tonnes.....	42
Figure II-20: Schéma technologique de traitement existant.....	43
Figure II-21 : Schéma Technologique, Séchage et broyage fin.....	44

Chapitre III : Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

Figure III-1 : Exemple d'une molécule diatomique.....	48
Figure III-2 : Accessoires pour pastillage.....	50
Figure III-3 : Presse pour pastillage.....	51
Figure III-4 : Exemple de pastille.....	52
Figure III-5 : Spectromètre FTIR Frontier-Perkin Elmer.....	52
Figure III-6 : Echantillon pour analyse.....	53
Figure III-7 : background d'analyse préalable.....	53
Figure III-8 : (a) et (b) Photographies de la pierre analysée, (c) et (d) Analyse FTIR, révélant la présence de baryte (majoritaire) + dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (pour l'interprétation voir le tableau n° 1).....	54
Figure III-9 : Analyse FTIR révélant un minéral majoritairement barytique Voir tableau n°1.....	55

Listes des figures

Figure III-10	Analyse FTIR révélant un minéral majoritairement barytique Voir tableau n°1.....	56
Figure III-11	Analyse FTIR révélant un minéral majoritairement barytique Voir tableau n°1.....	57
Figure III-12	Spectre FTIR d'un poudre de baryte grattée à partir d'une pierre...	58
Figure III- 13	Spectre FTIR révélant la présence de baryte (majoritaire) +dolomite	58
Figure III- 14	Vibrations et dans le groupe SO_4^{2-}	59
Figure III- 15	Analyse FTIR révélant la présence de quartz	60
Figure III-16	Spectre FTIR de la poudre de quartz et qui révèle en plus des vibration de SiO_2 , la présence de baryte $+CaCO_3+H_2O$	61
Figure III- 17	Comparaison de différent spectre de quartz (selon la pureté de quartz).....	61
Figure III- 18	(a) ,(b) image MEB de la roche de baryte (c), (d) image MEB de la poudre de baryte Et (e) analyse EDX de la poudre da baryte	63
Figure III- 19	(a) représentation dans le plan (3D).de groupe SO_4^{2-} (b) Structure chimique $BaSO_4^{-2}$ (représentation dans le plan 3D). (c) maille primitive $BaSO_4$ (d) empilement dans la maille.....	64
Figure III- 20	(a) diffractogramme de DRX de la baryte poudre (MERCURY) (b) fiche JCPDS (1998) de la baryte.....	65
Figure III- 21	(a) représentation dans le plan (3D).de groupe SiO_2 (b) maille primitive SiO_2 (C) diffractogramme de DRX de quartz (MERCURY) (d) fiche JCPDS (1998) de quartz.....	67
Figure III-22	(a) représentation dans le plan (3D).de groupe $CaMg (CO_3)_2$ (b) maille primitive $CaMg (CO_3)_2$ (C) diffractogramme de DRX de dolomite (MERCURY) (d) fiche JCPDS (1998) de dolomite.....	68

Listes des figures

Liste des tableaux

chapitre I : Généralités sur la baryte

Tableau I-1 : Principales propriétés de minerai de baryte [I. 4-5].....	4
Tableau I-2 : Principaux composés de baryte et leurs utilisations.....	7
Tableau I-3 : Composition optimale de la baryte utilisée en verrerie.....	9
Tableau I-4 : Les prix de barytine, année 1993 [I.8].....	12
Tableau I-5 : Les prix de barytine, année 2014 [I.12].....	13
Tableau I-6 : Potentiel Algérien en baryte et exploitation.....	14

Chapitre II : Technologie d'obtention de la baryte

Tableau II-1 : caractéristique physique de la baryte.....	45
Tableau II-2 : Composition chimique de la baryte.....	45

Chapitre III : Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

Tableau III-1 : Vibrations FTIR caractéristiques des SO_4^{2-} , H_2O , et CO_3^{2-}	60
Tableau-III-2 : valeurs caractéristiques des vibrations FTIR de SiO_2	62

Sommaire

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : Généralités sur la baryte

I	Introduction.....	2
II.1.	Propriétés fondamentales.....	3
II.2.	Géologie du minerai de la baryte.....	4
II.2.1.	Principal roches encaissant de la baryte.....	4
II.2.2.	Principal gisements.....	5
a)	Gisements filoniens et de remplissage de cavités.....	5
b)	Gisements stratiformes.....	5
c)	Gisements résiduels.....	5
III.	Composés à base de baryum.....	5
IV.1.	Domaines d'utilisations de la barytine.....	7
IV.1.1	Au niveau mondial	7
IV.1. 1.a.	La barytine dans l'industrie pétrolière.....	7
IV.1. 1.b.	La barytine dans l'industrie chimique	8
IV.1.1. c.	La barytine comme charge minérale	8
IV.2.	La production de la barytine.....	10
IV.2.1.	Au niveau mondial.....	10
IV.3.	Les prix de barytine	12
V.	La baryte en Algérie.....	13
VI.1.	Domaines d'utilisations de la barytine.....	13
VI.1.1.	Au niveau national	14
VI.2.	La production de la barytine.....	14
VI.2.1.	Au niveau national	14
VI.3.	La consommation de la barytine.....	14
VI.3.1.	Au niveau national	14
VII.1.	La baryte d'Ain Mimoun.....	14
VII.2.	Situation géographique.....	15

Chapitre II : Technologie d'obtention de la baryte

I	Introduction	18
II	Etude géologique du gisement.....	18
II-1	Historique des recherches et réserves géologiques.....	18
II-2	Etude géologique sur le gisement d'Ain-Mimoun.....	19
II-2-1	Stratigraphie.....	19
II-2-2	Tectonique.....	20
II-2-3	Morphologie.....	20
II-2-4	Hydrogéologie.....	20
II-3	Etudes minéralogiques.....	21

Sommaire

III	Exploitation et technologie de traitement du minerai barytique d'Ain Mimoun.....	22
III-1	Techniques d'exploitations utilisées à Ain Mimoun.....	22
III-2	Localisation des filons et leurs potentiels,.....	22
III-3	Extraction du minerai.....	30
III-3-1	Description des ouvrages.....	30
III-3-1-1	Les ouvrages horizontaux.....	30
III-3-1-1-1	Galerie principale.....	30
III-3-1-1-2	Galerie de sous niveau et niche.....	31
III-3-2	Les ouvrages verticaux et inclinés.....	31
III-3-2-1	Cheminée.....	31
III-3-3	La Méthode d'exploitation appliquée (par sous niveaux abattus).....	31
III-3-3-1	Dépilage.....	32
III-3-3-2	Travaux de forage et de tir.....	32
III-3-3-3	Chargement et transport du minerai.....	33
III-3-3-4	Eclairage.....	34
III-3-3-5	Soutènement.....	34
III-4	traitement du minerai de baryte jusqu'à obtention de poudre.....	36
III-4-1	Préparation mécanique du minerai.....	36
III-4-2	Concassage, et criblage	38
III-4-3	Jigage	38
III-4-4	Station de séchage et broyage et conditionnement.....	39
III-4-4-1	Séchage	40
III-4-4-2	Broyage	40
III-4-4-3	Conditionnement.....	41

Chapitre III : Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

I-	Introduction	47
II-	Rappel théorique	47
III-	La technique FTIR	49
IV-	Mode opératoire et accessoires de spectroscopie FTIR	50
V-	Enregistrement du spectre Background	53
VI-	Résultats d'analyses des minéraux de l'entreprise d'Ain Mimoun.....	53
VII-	Résultats MEB et EDX sur la baryte poudre.....	62
VIII-	Données de diffraction des rayons X, de la baryte, dolomite, quartz.....	64

Conclusion générale

Références bibliographique

Introduction Générale

Introduction Générale

La baryte est l'un des minéraux industriels les plus importants économiquement. Grâce à ses applications diverses, elle contribue largement aux développements économiques et industriels du pays, sa production est étroitement liée à l'industrie des hydrocarbures (80% des productions). En plus du pétrole et du gaz, la baryte est utilisée en industrie chimique, pharmaceutique, automobile et autre.

La baryte vient s'ajouter à la liste des minéraux qui enrichissent le sol de notre pays, c'est ce qui nous a motivé à travailler sur un sujet qui a un impact direct avec l'économie de l'Algérie. En effet la région d'Ain Mimoun est très riche en baryte (pas moins de 21 filons - avec des pourcentages allant de 80% à 95%), et exploité depuis des années.

Donc nous avons présenté dans ce travail 3 chapitres que nous avons consacrés:

En premier pour les potentialités, productions, utilisations, ainsi que la localisation du site d'Ain Mimoun.

En second chapitre, nous avons donc mis en lumière la technologie d'obtention de la baryte poudre (localisation-exploitation-et traitements).

Le 3^{ème} chapitre nous l'avons consacré à l'analyse par spectroscopie infrarouge (FTIR) pour divers minéraux barytique et autres (quartz) d'Ain Mimoun.

I-Introduction

La baryte est un minéral industriel qui n'avait aucune importance commerciale jusqu'au 19^{ème} siècle, son nom vient de « barys » en grec signifie lourde, les allemands utilisent le mot "Schwerspat" (spath pesant). En anglais on trouve les termes de " beyspar", "barite" ou "baryte", le minéral a été étudié pour la première fois en Italie en 1602, mais le métal de baryum a été séparé la première fois en 1808. La baryte est l'un des minéraux industriels qui désigne généralement les roches ou les minéraux dont les propriétés physiques ou chimiques sont mises à contribution dans divers usages, produits ou procédés industriels [I.1]. Le terme de barytine est une dénomination d'usage courant dans le commerce et l'industrie. Le sulfate de baryum naturel désigne une espèce minérale bien définie $BaSO_4$. La baryte contient 65,3% de BaO et 34,3% de SO_3 [I.2].

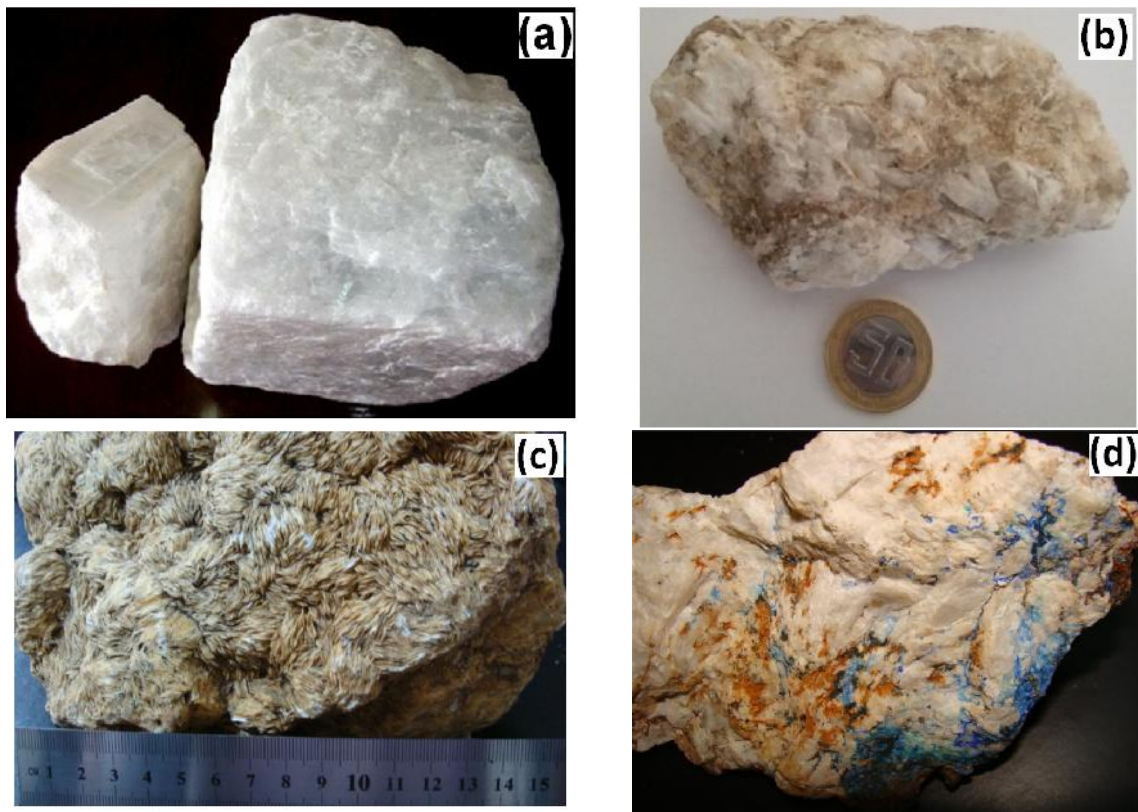


Figure I-1 (a) Baryte massive commerciale [I.3], (b) baryte massive d'Ain Mimoun-W/Khenchela, (c) baryte de type rosette -d'Ain Mimoun, et (d) baryte avec des taches d'azurite* (taches bleues) et de et de malachite* (taches vertes)

* **Azurite:** $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$

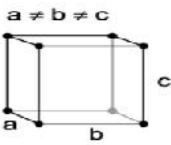
* **Malachite:** $Cu_2CO_3(OH)_2$

Généralités sur la baryte

II.1. Propriétés fondamentales

Le tableau ci-dessous rassemble les principales propriétés de la baryte

Description générale:

Nom(s) :	Baryte / Barytine
Etymologie :	Du grec barus = lourd (Karsten, 1800)
Groupe, Famille :	Groupe des Barites
Type :	Naturel
Couleur :	Incolore, Blanc, Rouge-magenta à Rouge, Jaune à Jaune foncé, Orange, Vert pomme, Vert clair à Vert foncé, Bleu clair à Bleu foncé, Brun, Gris, parfois Chatoyant
Lustre :	Vitreux à Résineux, Nacré sur les clivages
Genèse :	Hydrothermale, Sédimentaire, Secondaire
Origine :	Chine, Inde, Maroc, Grande-Bretagne, Roumanie, France, République Tchèque, Allemagne, Algérie, etc...
Systeme cristallin :	Orthorhombique 
Composition chimique:	Baryte: BaSO ₄
Transparence :	Transparent, Translucide à Opaque

Propriétés optique:

Indice de réfraction :	N _p =1.632 à 1.636 N _m =1.634 à 1.638 N _g =1.647 à 1.650
Biréfringence :	+ 0.010 à +0.018
Dispersion :	0.016

Propriétés physique:

Densité :	4.30 à 4.60
Dureté :	3 à 4 mohs
Clivage :	Parfait selon {001} bon selon {210}
Cassure :	Conchoïdale
Couleur du trait :	Blanc
Résistance au choc :	Fragile
Résistance à la chaleur :	Mauvaise (crépité au chalumeau)

Généralités sur la baryte

Observations, remarques:

Cristaux :	Prismes, Tablettes, Lamelles, etc.
Confusions possibles avec :	Calcite, Amblygonite, Aragonite, Celestite, Anglésite, Verres, etc.
Taille(s) :	Facettes collection, Cristaux bruts, etc
Caractère au toucher :	lisse, onctueux
Altération	Altération faible car peu soluble, mais très friable. Evolution possible en whithérite (autre carbonate de Baryum).

Tableau I.1 : Principales propriétés de minerai de baryte [I. 4-5].

II.2. Géologie du minerai de la baryte

La baryte se trouve souvent dans des gisements sédimentaires, métamorphiques ou ignés. Ce minéral apparaît seule ou en association avec plusieurs minéraux tels que fluorine, Célestine, quartz, blende ou galène. Généralement on y trouve des traces alliées au Baryum, du Plomb, du Strontium, du Calcium et dans d'autres cas, du Chrome [I.2]. Une petite quantité de baryum est toujours remplacée par du strontium ou du calcium. Les barytines anglaises, par exemple, peuvent contenir SO_4Sr (0,2 à 1,6 %) et SO_4Ca (0,7 %). Les barytines fortement colorées sont plus rares : les couleurs jaunes, rouge, marron etc. sont dues à des inclusions de matières étrangères : principalement des oxydes de fer, des sulfures et des matières organiques [I.1].

II.2.1. Principaux roches encaissant de la baryte

On trouve la baryte généralement avec les roches encaissantes suivantes

- Dans les calcaires, sous forme lenticulaire.
- Dans les grès et les arkoses dont elle est un liant.
- Dans l'anglésite, minéral associée au sulfate de plomb (PbSO_4), avec des traces de cuivre.
- Dans la Célestine, minéral où la baryte est associée au sulfate naturel de strontium (SrSO_4) avec des traces de Calcium.
- Avec la calcite, dolomite, fluorine, galène, sulfates de plomb dans les filons de basse température [I.2].

II.2.2. Principaux gisements

Trois types principaux de dépôts sont généralement distingués :

- Les gisements filoniens et de remplissage de cavités ;
- Les gisements stratiformes de couverture sédimentaire et les gisements stratiformes d'origine hydrothermale exhalative.
- Les gisements résiduels [I.5].

a) Gisements filoniens et de remplissage de cavités

On distingue les gisements strictement filoniens et les remplissages de cavités en milieu carbonaté. La barytine apportée par les fluides hydrothermaux est déposée dans les failles, fractures, joints, cavités, plans de stratification et toute autre ouverture (karsts) existant au moment du dépôt. Les veines, poches, ou amas minéralisés ainsi formés, sont caractérisés par des contacts nets avec la roche encaissante et par l'extrême variabilité de leur géométrie.

Dans les gisements filoniens, on distingue les filons de socle encaissés dans les roches anciennes, magmatiques ou métamorphiques et les filons de couverture sédimentaire ; chacun étant caractérisé par son contenu dominant : filons essentiellement barytiques; filons à barytine, quartz et fluorine ; filons à barytine et galène (plus ou moins argentifère) [I.1].

b) Gisements stratiformes

La barytine est une partie intégrante de la séquence sédimentaire, soit comme constituant principal, soit comme ciment. Les gisements portent l'empreinte des conditions de dépôt qui permettent de les caractériser. La barytine apparaît en concentrations stratiformes (couches) ou liées aux strates dans un environnement sédimentaire évaporitique, lagunaire ou lacustre [I.6]. Ces dépôts sont généralement en relation avec des fractures d'extension régionale qui affectent la couverture. La minéralisation émerge dans le milieu de dépôt à la faveur de faille-drains [I.1].

c) Gisements résiduels

La barytine provient de la destruction de gisements préexistants, généralement encaissés dans des dolomies. Les blocs de barytine de dimension variable sont emballés dans de l'argile rouge résiduelle. Les dépôts de ce type peuvent être étendus, mais leur taille, leur dimension et leur teneur sont extrêmement variables [I.6].

III. Composés à base de baryum

Le tableau I-2 (indiqué ci-dessous) permet de recenser les principaux composés de baryte ainsi que leurs domaines d'utilisations.

Généralités sur la baryte

Composé /Formule chimique	Utilisations
Le carbonate de baryum BaCO₃	est le plus important car il est à l'origine de la production de nombreux autres dérivés. Il est utilisé dans la fabrication de produits en terre cuite, tuiles et briques, pour contrôler les effets dus à la présence de gypse ou de sulfate de magnésium ; pour diminuer la porosité et prévenir la décoloration. Le carbonate de baryum entre dans la composition d'une grande variété de produits : verre spéciaux pour écrans cathodique, téléviseurs, écrans d'ordinateurs, barrières contre les rayonnements, vernis céramiques, électro-céramiques, porcelaines, émaux, ferrites, etc.
- Le sulfate de baryum précipité, BaSO₄	chimiquement pur, est appelé "blanc fixe ". Il est obtenu par traitement d'une solution de sulfure de baryum par une solution de sulfate de sodium. Il est utilisé comme charge blanche dans les peintures, caoutchouc, encres et autres produits qui exigent un degré de pureté supérieur à celui que l'on peut obtenir par adjonction de barytine. Le sulfate de baryum extrêmement pur, ou "blanc-baryte", est donné pour 99% de blancheur, (100%=blanc idéal) ; il sert d'étalon pour l'évaluation de la blancheur d'un produit.
Le lithopone BaSO₄-ZnS	est le résultat d'une double précipitation d'une solution de sulfate de zinc par une solution de sulfate de baryum. Le produit final contient du sulfate de baryum et de 30% à 60% de sulfure de zinc. La fabrication de lithopone requiert en général une tonne de barytine par tonne de produit. Ce pigment blanc a été longtemps apprécié pour la peinture grâce à ses propriétés: blancheur, résistance aux intempéries, pouvoir couvrant, affinité pour l'huile. Dans le passé il a été fabriqué en gros tonnage, mais actuellement il est largement remplacé par des oxydes de titane.
Le chlorure de baryum BaCl₂	est utilisé dans le traitement de surface comme durcisseur de l'acier, dans la purification des eaux, dans le traitement du cuir et des tissus et dans la fabrication du magnésium métal. Par électrolyse du chlorure de baryum on obtient le baryum métal.
Le nitrate de baryum	est utilisé en très faibles tonnage en pyrotechnie (couleur vert de la flamme), dans la fabrication de balles traçantes, de détonateurs et

Généralités sur la baryte

Ba(NO₃)₂ d'émaux.

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

BaO

L'hydroxyde de baryum, - permet d'obtenir des stéarates de baryum. Les graisses à baryum sont appréciées pour leur résistance au lessivage ; il sert d'additif de

Ba(OH)₂ stabilisation à la chaleur des PVC.

Le titanate de baryum entre dans la fabrication de composés électroniques et d'équipements de communication.

BaTiO₃

Le baryum est aussi produit par réduction de l'oxyde de baryum. Le métal est utilisé comme capteur de gaz dans les tubes sous-vide, dans les alliages pour

Ba bougies et dans les tubes électroniques d'émission d'éléments.

Tableau I-2 : Principaux composés de baryte et leurs utilisations

La production de carbonate de baryum exige une qualité correspondant à un minimum de 97 à 98 % de BaSO₄. Les impuretés restantes représentent des frais pour le chimiste et des pénalités pour le producteur. Les oxydes de fer ou la silice ne doivent pas dépasser le seuil de 1% ; ce qui correspond, en prix de revient, à une diminution de plusieurs pourcents de BaSO₄. Le ratio SrSO₄ / BaSO₄ exprimé en % doit être aussi faible que possible, environ de 1 %. La teneur en CaF₂ doit correspondre à des traces ; quelques centaines de ppm. Les chimistes veillent à utiliser des concentrés à faibles contenus en sulfures de plomb et de zinc, en cuivre, en nickel, terre rares et carbonates.

IV.1. Domaines d'utilisations de la barytine

IV.1.1. Au niveau mondial

Le sulfate de baryum, oxyde cristallin, blanc, n'est pas soluble dans l'eau. Sous forme de poudre blanche, il couvre un vaste domaine d'applications. Certaines formes sont toxiques. Les utilisations industrielles de la barytine sont basées sur leur densité, stabilité chimique, blancheur et son abondance relative dans la nature [I.7].

IV.1.1. a. La barytine dans l'industrie pétrolière

Les boues de forage sont des milieux fluides complexes constitués d'eau ou d'huile, de produits chimiques et des minéraux en suspension. La boue injectée dans les forage, doit être capable de faire remonter correctement à la surface les débris de roches produits au fond du trou. Elle assure le refroidissement et la lubrification des outils dans le forage. Elle assure aussi l'imperméabilisation et la stabilité des parois du trou. La densité de la boue permet d'équilibrer le poids important des tiges de sonde et les éventuelles venues de gaz sous pression, pour prévenir les risques d'explosion. Par addition de barytine on peut porter la densité des boues de bentonite qui est d'environ 1.05 à la valeur voulue qui peut atteindre 2.5. La barytine représente jusqu'à 40 % des constituants des boues de forage pétrolier, la consommation de cette matière dans un forage pétrolier varie beaucoup suivant le type de terrain traversé, la pression des gaz rencontrés et la profondeur du forage. La barytine vendue pour boue de forage doit avoir une densité au moins égale à 4.2 et contenir une très faibles proportion (250 ppm maximum) de sels solubles, tels que le calcium soluble. de 90 à 95 % du produit doit avoir une granulométrie inférieure à 45 μ . La couleur grise ou marron et la présence d'oxyde de fer ne sont pas rédhibitoires. L'humidité du produit livré ne doit pas dépasser 3% ou 5% maximum. Les spécifications précises de la barytine pour boue de forage sont fournies par "American Petroleum Institute" (API), "Oil Companies Material Association" (OCMA) et l'Association de Recherche sur les Techniques d'Exploitation de Pétrole (ARTEP) [I.7].

IV.1.1. b. La barytine dans l'industrie chimique

L'industrie chimique absorbe près de 16 % de la consommation mondiale. La barytine est la principale matière pour la fabrication des dérivés du baryum : carbonates, chlorures, oxydes, hydroxydes, nitrates, peroxydes et sulfates de baryum [I.7].

IV.1. 1.c. La barytine comme charge minérale

Seulement 5 à 6 % de la consommation mondiale de barytine correspondent à l'emploi comme charge dans une grande variété de produits. Avec ces dérivés synthétiques que sont le lithopone et le blanc fixe, la barytine a l'avantage d'être blanche, inerte, dense et non abrasive. Elle est résistante aux intempéries et a la faculté d'absorber les radiations. Ces différentes qualités sont mises à profit dans la fabrication de peintures, papier, caoutchouc, plastiques, barrières de protection contre les rayonnements et matériaux de friction.

- En peinture automobile, la barytine entre comme charge dans les couches d'apprêt pour contribuer à l'aspect lustré de la dernière couche.

Généralités sur la baryte

- La barytine entre dans la composition des plastiques et caoutchouc des dessous de moquettes et de certaines carpettes et dans les éléments plats insonorisant pour l'industrie automobile.
- Dans l'industrie papetière, la barytine est utilisée comme support des couches sensibles pour impression photographique.
- Elle entre dans la composition des encres d'imprimeries.
- En verrerie, l'emploi de la barytine permet d'économiser l'énergie, elle décolore les pates de verre, les rends plus aptes aux manipulations et augmente la brillance. Les fabricants verreries demandent généralement une barytine avec une composition chimique :

BaSO ₄	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
Supérieur à 90%	Inférieur à 2.5 %	Inférieur à 0.15 %.

Tableau I-3 : Composition optimale de la baryte utilisée en verrerie

et une granulométrie qui doit être comprise entre 0.60 et 0.106 mm.

En général la barytine pour charge doit être blanche ou blanchissable par traitement à l'acide sulfurique et non abrasif. Dans les charges pour peintures la barytine peut être substituée par des carbonates et sulfates de strontium et des carbonates de calcium, généralement moins chers

Généralités sur la baryte



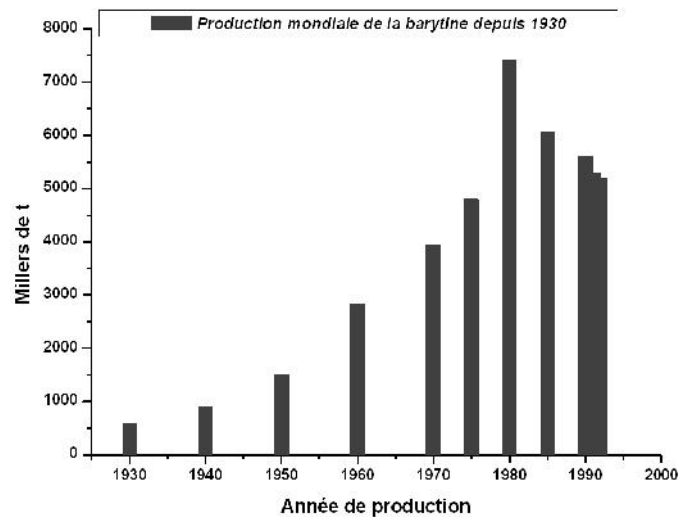
Figure I-2: les principales industries consommatrices de baryte [I. 8].

- La barytine est employée dans les bétons denses qui occupent 60 % du volume d'un béton standard. Les applications concernent une grande variété d'ouvrages : construction de ports ou de terminaux pétroliers, contrepoids de ponts, stabilisateurs de conduites sous-marines, ballaste de bateaux.
- Les bétons denses à barytine forment aussi des barrières de protection contre d'éventuelles radiations ; ils sont mis en œuvre pour la construction de laboratoire, de centres nucléaires et de bases militaires atomiques.
- La barytine est employée comme charge inerte dans les matériaux de friction tels que plaquettes de freins et disques d'embrayage. Selon le produit, la quantité de barytine varie entre 10 et 40 %. La barytine doit avoir une densité au moins égale à 4.3 et 99% du produit doit avoir une granulométrie inférieure à 40 μ [I.7].

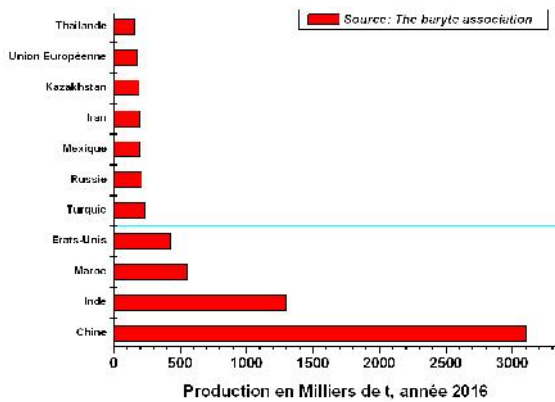
IV.2. La production de la barytine

IV.2.1. Au niveau mondial

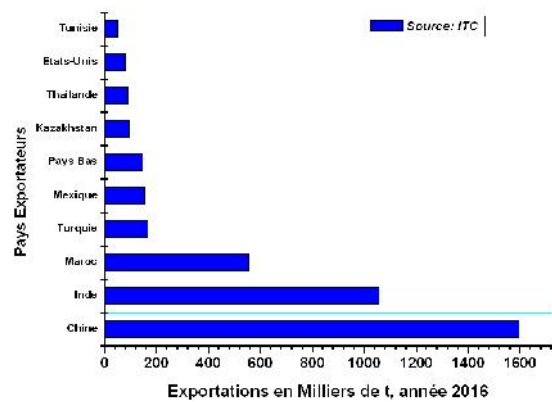
Les diverses figures représentées ci-dessous donnent des informations relatives aux potentiels des pays producteurs, importateurs, et exportateurs. L'augmentation de la production en réponse à la très forte demande qui a suivi le premier choc pétrolier de 1973.



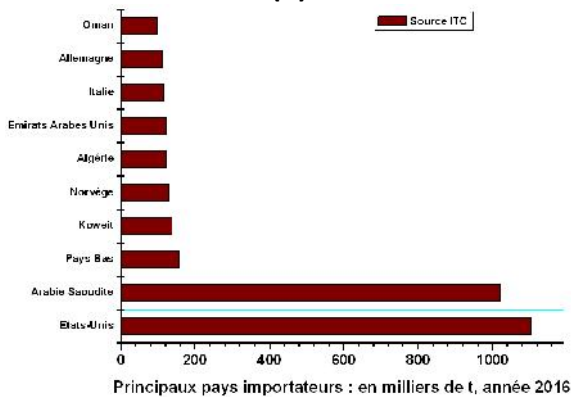
(a)



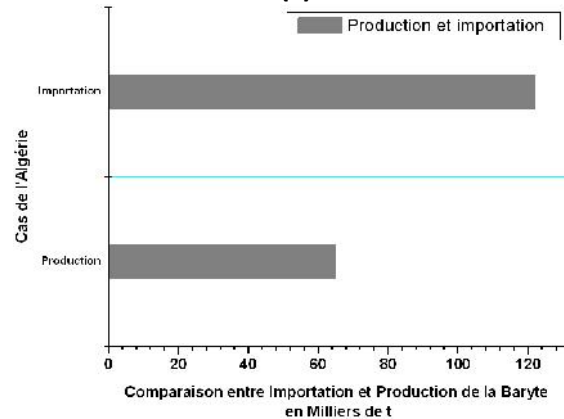
(b)



(c)



(d)



(e)

Figure I-3:(a)Evolution de la production de la baryte depuis 1930, (b) principaux pays producteurs de la baryte, (c) principaux pays exportateurs, (d) principaux pays importateurs, et (e) comparaison entre importation et production de la baryte en Algérie [I.9-10].

Depuis 1982, l'effondrement des prix du pétrole et la diminution de l'activité forage pétrolier ont entraîné une baisse notable de la consommation. On note une très forte prédominance de la Chine qui assure plus du tiers de la production mondiale. L'Inde arrive au deuxième rang des pays producteurs avec un peu plus de 10 %. On note une relation entre le prix du pétrole brut sur le marché mondial et l'augmentation de la production de barytine, avec des fluctuations liées aux ralentissements ou aux reprises de l'exploration pétrolière (Figure ci-dessous) [I. 11].

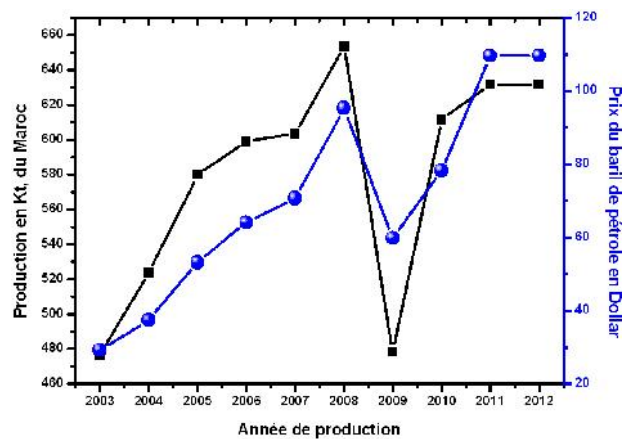


Figure I-4: Evolutions des prix du baril de pétrole et ceux de la production de la baryte (exemple du Maroc) [I. 11].

IV.3. Les prix de baryte

Les prix pratiques sont très variables et dépendent de la qualité du matériau et des procédés de traitement plus au moins sophistiqués qui sont utilisés pour répondre aux besoins des consommateurs [I.7].

Origine-qualité-	Prix de la tonne en dollar (1993)
La barytine brute pour le forage -FOB Maroc.	40
La barytine Broyée qualité forage coute (CIF USA).	75
la barytine broyée pour la chimie –Europe	75 à 95

Généralités sur la baryte

la barytine broyée pour charges et verrerie 130 et 135

Tableau I-4 : Les prix de barytine [I.8].

Qualité	Prix année 2014
qualité forage	109/158 \$/t
qualité chimique	160/180 \$/t
qualité charge minérale pour peinture, selon la blancheur et la pureté	235/400
barytine très pure pour usages en médecine, pour la chimie ...	1 500 \$/t

Tableau I-5 : Les prix de barytine, année 2014 [I.12].

V. La baryte en Algérie

La production de l'unité d'exploitation des gisements de baryte affiliée à la Société des mines de baryte d'Algérie (Somibar) membre du groupe Enof, est satisfaisante. L'unité de Boucaïd est située dans la commune de Boucaïd daïra de Lazharia, à 60 km au nord du chef-lieu de wilaya de Tissemsilt et distante de 120 km du port de Tènès et 250 km du port d'Oran. L'unité de Boucaïd procède à l'exploitation du minerai de Baryte, en souterrain (galeries, cheminées et chambres magasins), son traitement, son conditionnement, et sa commercialisation (produit fini). La capacité de production aux environs de 40 000 tonnes de baryte en sacs et en Big-bags (1500 Kg).

A ce titre, Somibar détient 3 permis d'exploitation de petites et moyennes mines (Sidi Lakhder, zone nord et Sidi Bel Abbès) au nom de l'ENOF délivrés en janvier 2004 pour 10 ans. Un autre site dit "El Kima Oulia" (Haut sommet), dans la commune de Boukaïd, fait actuellement l'objet de travaux d'exploration en vue d'augmenter les capacités de production de la SMBA à 32.000 tonnes/an.

A [Khenchela](#), l'unité de Aïn Mimoun est située dans la commune de Tamza (wilaya de [Khenchela](#) à 22 km au nord du chef-lieu de wilaya de [Khenchela](#) et distante de 208 km du port de Skikda . Sa capacité de production est de 40 000 tonnes de baryte en sacs et en Big-bags (1500 Kg).

L'entreprise Somibar a pour vocation la recherche, l'exploitation, la production, le développement, la commercialisation et l'exportation en l'état ou après transformation de la baryte et de tous produits miniers et substances minérales non métalliques. Elle est certifiée ISO 9001 version 2000 par l'organisme AFAQ-ASCERT international. Leader national dans la production et commercialisation de la baryte en Algérie, Somibar produit plus de 65 000 tonnes de baryte destinée principalement au secteur pétrolier [I. 13-14].

VI.1. Domaines d'utilisations de la barytine

VI.1.1. Au niveau national

La barytine algérienne, est utilisée seulement dans le domaine pétrolier ou celle-ci est utilisée pour l'alourdissement des boues de forages, afin d'augmenter la densité [I.15].

VI.2. La production de la barytine

VI.2.1. Au niveau national

De nombreux affleurements de baryte existent en beaucoup d'endroits d'Algérie, particulièrement dans les zones atlasiques, dont plusieurs sont développés et peu en production, donnant environ ~60.000 t/an, essentiellement pour le forage. Le tableau ci-dessous renseigne sur la capacité géologique de l'Algérie (en minéral de baryte) [I. 16].

Le potentiel géologique	catégorie industrielle	Exploitation actuelle
6,7 millions de tonnes	1,6 million	~60 000 tonnes

Tableau 6 : Potentiel Algérien en baryte et exploitation

Le potentiel de production est représenté par les mines de Boucaïd et Aïn Mimoun actuellement en et qui fournissent de baryte utilisée principalement dans le secteur des forages pétroliers. Les gisements de baryte présentant un intérêt économique sont localisés au Nord du pays à Aïn Mimoun (W. Khenchela), Boucaïd (W. Tissemsilt), Mellal (W. Tlemcen) et Koudiat Safia (W. Médéa). Par ailleurs, des travaux de recherche minière ont permis de mettre en évidence plusieurs gisements dans le Sud-Ouest algérien près de Béchar. Il s'agit des gisements de Draïssa Sud-Ouest, Djebel Draïssa, Draïssa Nord-Est et Draïssa Guelb El Tahtani.

VI.3. La consommation de la barytine

VI.3.1. Au niveau national

La consommation de la barytine en Algérie en 2015 a atteint 250.000 tonnes. Une part de 65.000 tonnes est assurée par les producteurs locaux et le reste par l'importation.

VII.1. La baryte d'Ain Mimoun

Le gisement barytique d'Ain Mimoun s'allonge dans la partie centrale du massif montagneux de Khenchela et s'étend à la direction Nord-Est. Les filons barytiques du gisement sont classés en 02 groupes suivant leurs conditions de pendage, leur morphologie, stabilité et puissance. Le gisement a été découvert en 1968 lors de révision de la carte géologique de la région. Les travaux de recherche sur les filons ont été réalisés de 1968-1970.

- L'exploitation a débuté en 1971 par l'extraction à ciel ouvert et s'est enchaînée par l'extraction mixte (à ciel ouvert, souterrain) [I.17]



Figure I-5 : poudre de baryte d'Ain Mimoun- Khenchela

VII.2. Situation géographique

Le gisement barytique d'Ain Mimoun est situé à 28 km au nord-ouest de la wilaya de Khenchela et à 96 km de la ville de Batna, il est constitué d'un ensemble de filets sous forme des filons dont le nombre est de 12. Actuellement le filon n° 1 est le plus bas et se trouve sur les côtes absolues de 1200-1250 m, le filon n° 11 est le plus haut et se trouve à 2015 m. L'étendue des filons de baryte varie largement en direction de 20-50m à 1400m, on distingue de grands filons de plus de 400m de long et de filons moyens, en profondeur les filons s'étendent jusqu'à 50-100 m.

Généralités sur la baryte



Figure I.6 : Localisation Géographique du gisement d'Ain Mimoun [I.17]

I-Introduction

Dans cette partie de notre travail, nous allons nous intéresser à la technologie d'obtention de la baryte. Au début nous présentons un bref historique sur la prospection de ce minéral en Algérie, et ensuite on passera en revue l'étude minéralogique du site d'Ain Mimoun. Il existe 21 filons au niveau de la région d'Ain Mimoun, dont on donnera les principales caractéristiques (longueur du filon, et potentiel en baryte, etc.). Ce chapitre se termine par une fiche technique sur la baryte poudre obtenue.

II. Etude géologique du gisement

II-1: Historique des recherches et réserves géologiques

Des travaux de mémoire de fin d'études ont été réalisés sur la baryte, nous citerons particulièrement [II-1, 2, 3] sur lesquels nous avons trouvé une importante partie des informations que nous relatons dans ce chapitre. 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 [II-4]. 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 selon la catégorie en question :

- ✓ Pour la catégorie C-1 la prospection 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.
- ✓ Et Les réserves de la catégorie C2 sont évaluées par extrapolation de 20 à 30 m.

Les figures ci-dessous donnent les pourcentages de baryte par catégorie, et aussi les réserves correspondantes.

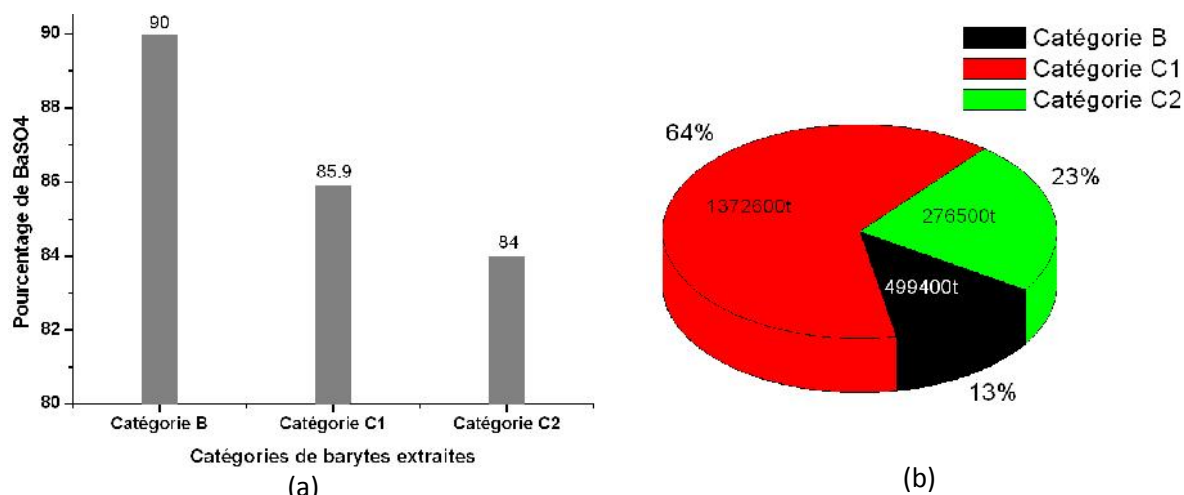


Figure II 1 : (a) Pourcentages de baryte par catégorie, et (b) quantité en réserves

II-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[II-5-1]

II-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'argilité, 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.

Technologie d'obtention de la baryte

- Albien moyen : est formé d'une alternance d'argilité, et de grés avec des bancs de calcaires et dolomies.

-Dépôts de curetage supérieur :

Sont par le cénomanien inférieur et supérieur :

- Cénomanien inférieur présentés : marnes avec isolés de calcaires marneux ;

- Cénomanien 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 chargent 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.

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

II-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 peut résistant sauf le lieu ou 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.

II-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.

Technologie d'obtention de la baryte

- Les eaux dans de fissures filon dans les accidents techniques.
- Les eaux de fissures sol.
- L'afflux d'eau maximal dans les galeries et de l'ordre de 100 m³/jour à 270m³/jour, lors des pluies torrentielles.

II-3: Etudes minéralogiques

Outre les filons de baryte, on rencontre plusieurs indices comme la minéralisation de cuivre, de plomb, de quartz, de calcite, ext [II-2-3].

Composé	Forme de présence
La baryte BaSo4	Est enfermée de deux espèces, l'un à cristaux grisèrent donne des émanations allongées et à agrégats d'une structure fibreuse, l'autre à cristaux fins formants des grains isométriques.
Le quartz SiO2	Est en deux générations grés en forme de séparation allotriomorphe se développent en cristaux prismatiques.
Le diopase CuSiO3, H2O	(Cuivre gris) se présente sous l'aspect de grains arrondis et angulaires disséminés dans la baryte.
La chalcopryrite CuFeS2	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 CaCO3	Donne des séparations à contact irréguliers.
Les hydroxydes de fer (Fe2O3 , H2O)	Sont disposés irrégulièrement dans le contact le long des fissures.
L'Azurite Cu3(CO3)2(OH)2 Et la Malachite Cu2CO3(OH)2	Se rencontrent en forme de séparation et nids isolés. Tous ces indices métallifères sont en quantités négligeables et ne présentent aucun intérêt économique.

III- Exploitation et technologie de traitement du minerai barytique d'Ain Mimoun

III-1: Techniques d'exploitations utilisées à Ain Mimoun

C'est un ensemble d'opérations pour exploiter un gisement de substance utile, à savoir :

- Choix de la méthode d'exploitation.
- Préparation.
- Abattage.
- Extraction.
- Transport.

Afin de comprendre le technique d'extraction et ensuite, le transport, puis le traitement jusqu'au produit fini, nous pouvons diviser la technique en trois phases comme indiqué ci-dessous

-III-2- Localisation des filons et leurs potentiels

-III-3- Extraction du minerai,

-III-4-Traitement du minerai de baryte jusqu'à obtention de poudre.

Diverses parties depuis la localisation des filons de baryte, et jusqu'au produit fini.

III-2- Localisation des filons, leurs longueurs, et leurs teneurs en baryte [II-2].

Filon n°1 Ouest

Situation géographique	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.
Dimension des mailles utilisée	40 m pour les tranchées
Longueur du filon	584m
Profondeur du filon	
Puissance en moyenne	1,75 m

Technologie d'obtention de la baryte

Pendage du filon	50°-60°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne 89,94%
Tout venant extrait	31/12/2000 :18984 t

Filon n°2 Est

Situation géographique	6km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 10 tranchées en surface et 05 sondages en profondeur.
Dimension des mailles utilisée	40 à 80m pour les tranchées
Dimension concernant les sondages de la maille	de 50 à 100m.
Longueur du filon	600m.
Profondeur du filon	50 à 80m
Puissance en moyenne	1,53m
Pendage du filon	de 60° à 80°m
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne de 90,53% SiO ₂ 3,73%
Travaux miniers	31-12-87:1086,6 m
Tout venant extrait	31-12-1999: 174059t

Filon n°3

Situation géographique	6km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 09 tranchées en surface et 14 sondages.
Dimension des mailles utilisée	40 à 80m pour les tranchées
Dimension concernant les sondages de la maille	60 à 120,40×50 m
Longueur du filon	400m
Profondeur du filon	50 à 80 m
Puissance en moyenne	2,91m

Technologie d'obtention de la baryte

Pendage du filon	28°-30°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne 90,79 % SiO ₂ 03 %
Travaux miniers	31-12-2003 : 2120,35m
Tout venant extrait	31-08-2005 : 236748t

Filon n°4

Situation géographique	11 km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 27tranchées en surface et 20sondages en profondeur.
Dimension des mailles utilisée	100 à 120m pour les tranchées
Dimension concernant les sondages de la maille	50×60m
Longueur du filon	1450m
Profondeur du filon	40 à 100 m
Puissance en moyenne	2,11m
Pendage du filon	65°- 83°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne 81,9 % SiO ₂ 10,04 %
Travaux miniers	31-12-1999 : 3220m
Tout venant extrait	31-12-2002 : 130291t

Filon n°5

Situation géographique	07 tranchées en surface et deux sondages en profondeur.
Dimension des mailles utilisée	10m pour les tranchées
Dimension concernant les sondages de la maille	50×50m
Longueur du filon	200m
Profondeur du filon	50 m

Technologie d'obtention de la baryte

Puissance en moyenne	1,5m
Pendage du filon	60°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne à 84.01%
Tout -venant extrait	31-12-2002 :4860t

Filon n°8

Situation géographique	8 km 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 2 sondages en profondeur la partie Ouest, découverte par 10 tranchées en surface.
Longueur du filon	Est 150m Ouest 150m
Profondeur du filon	60m à l'Est

Puissance en moyenne	Est 1.8m Ouest 2,5m
Pendage du filon	60°
Teneur en BaSO ₄	partie Est 86,5 Ouest 93,0%
Tout -venant extrait	31-12-2002 :1686t

Filon n°9

Situation géographique	9 km à l'Est de l'usine de traitement Filon découvert par 14 tranchées en surface
Longueur du filon	750m
Puissance en moyenne	0,5 à 3,7 m en moyenne : 1,5m
Pendage du filon	40° à 75°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ 94.19%
Tout venant extrait	31/12/2001 partie Est : 18499T Ouest 8176t

Filon n°10

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

Technologie d'obtention de la baryte

Dimension des mailles utilisée	40 à 60m pour les tranchées
Dimension concernant les sondages de la maille	100×120m
Longueur du filon	900m
Profondeur du filon	80 m
Puissance en moyenne	0,2m à 5,6 en moyenne 2,1m
Pendage du filon	87,26%.
Teneur en BaSO ₄	SiO ₂ varie de 2,86 à 53,41° en moyenne 16%
Tout venant extrait	31-12-1983 :26800t

Filon n°11

Situation géographique	Situé à 15km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 18tranchées en surface
Dimension des mailles utilisée	50m pour les tranchées
Longueur du filon	300m
Profondeur du filon	
Puissance en moyenne	0,6m à 6m en moyenne 1,9m
Pendage du filon	50°-85
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne est de 80,23% SiO ₂ varie de 10 à 15 % en moyenne : 8,98%
Tout venant extrait	31-12-1990 :9187t

Filon n°12

Situation géographique	11km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 06 tranchées en surface
Dimension des mailles utilisée	40m pour les tranchées
Longueur du filon	200m

Technologie d'obtention de la baryte

Puissance en moyenne	2.0m
Pendage du filon	60°-75
Teneur en BaSO4	BaSO4 en moyenne de 86,2% SiO2 : 12,04%

Filon n°13

Situation géographique	8km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 06 tranchées en surface
Dimension des mailles utilisée	50 m pour les tranchées
Longueur du filon	270m
Puissance en moyenne	0,5 à 2 m en moyenne : 1,3m
Pendage du filon	70°-80°
Teneur en BaSO4	BaSO4 en moyenne : 86,32%
Tout venant extrait	31-12-1992 : 9512t

Filon n°14

Situation géographique	8km au Sud- Est de l'usine de traitement, filon découvert par 05 tranchées en surface
Dimension des mailles utilisée	30 m pour les tranchées.
Longueur du filon	150m
Puissance en moyenne	1,5m à 6,6 m en moyenne : 2,0m
Pendage du filon	70°-80
Teneur en BaSO4	BaSo4 en moyenne : 86,73%
Tout venant extrait	31-12-1999 : 294t

Technologie d'obtention de la baryte

Filon n°15

Situation géographique	15km l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 30 tranchées en surface
Dimension des mailles utilisée	20 à 50 m pour les tranchées
Longueur du filon	800m
Puissance en moyenne	1,8m
Pendage du filon	35°-55°.
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne : 89,7%
Travaux miniers	31/12/2003: 2193,65m
Tout venant extrait	31-12-2003 : 46080t

Filon n°16

Situation géographique	15km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 12 tranchées en surface.
Dimension des mailles utilisée	20m par les tranchées.
Longueur du filon	200m
Puissance en moyenne	1,8m
Pendage du filon	38°-50°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ : 91%
Tout venant extrait	31-12-1995 est de 11 635t

Filon n°17

Situation géographique	15km à l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 10 tranchées en surface
Dimension des mailles utilisée	25 m pour les tranchées
Longueur du filon	240m
Puissance en moyenne	2,4 m

Technologie d'obtention de la baryte

Pendage du filon	60°-70°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne 95,40%
Tout venant extrait	31-12-2000 :6130t

Filon n°18

Situation géographique	16,5 km l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 03tranchées en surface.
Dimension des mailles utilisée	15 m pour les tranchées
Longueur du filon	90m
Puissance en moyenne	1.3m
Pendage du filon	60°-70°
Teneur en BaSO ₄	BaSo ₄ en moyenne : 98,4%
Tout venant extrait	31-12-1996 :1442t

Filon n°19

Situation géographique	Situé à 16km l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 05 tranchées en surface
Dimension des mailles utilisée	30 m pour les tranchées
Longueur du filon	180m
Puissance en moyenne	1,64m
Pendage du filon	60°-70°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne : 90,64%

Filon n°21

Situation géographique	23km l'Est de l'usine de traitement, filon découvert par 06 saignées
Dimension des mailles utilisée	80 m pour les tranchées.
Longueur du filon	450m

Technologie d'obtention de la baryte

Puissance en moyenne	1,58 m
Pendage du filon	60°-70°
Teneur en BaSO ₄	BaSO ₄ en moyenne 92,97%

Les figures ci-dessous résument les teneurs de baryte ainsi que la longueur relatifs aux filons. Rappelons que le SiO₂ (Quartz), est le composé le plus fréquemment retrouvé avec la baryte.

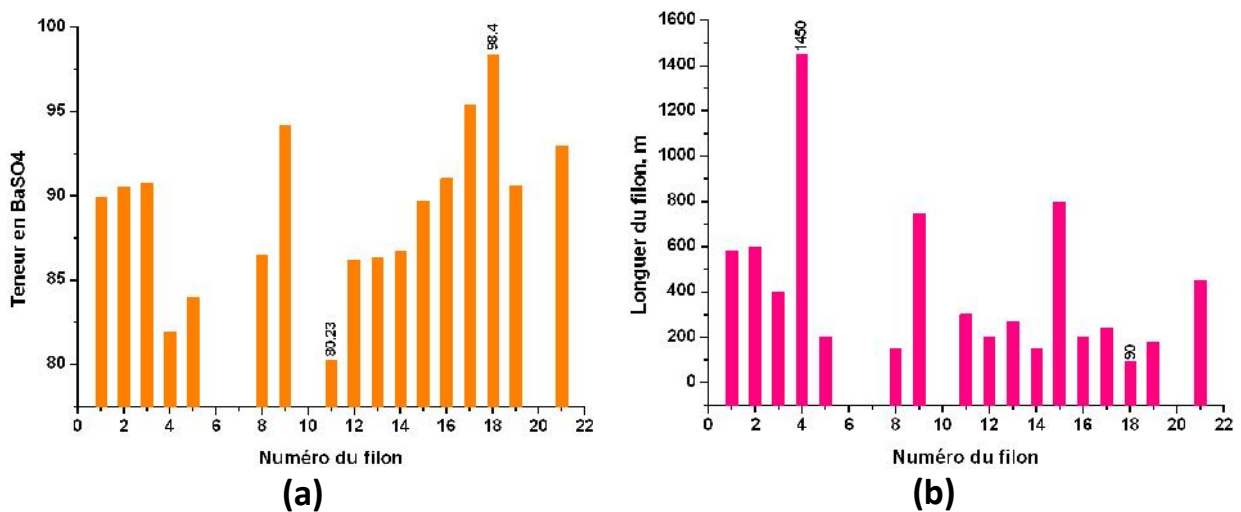


Figure II 2: Histogrammes rassemblant les données sur les filons, (a) teneur en BaSO₄, et (b) longueur du filon

-III-3 : Extraction du minerai

Dans cette partie (II) on prendra comme exemple le filon 4.

III-3-1: Description des ouvrages

Au cours de la préparation d'un filon quelconque, habituellement on creuse lors de l'ouverture et le préparation, les ouvrages horizontaux, inclinés, et verticaux.

III-3-1-1: Les ouvrages horizontaux

III-3-1-1-1: Galerie principale

Elle traverse le rocher et le minerai. Elle est de forme trapézoïdale dont les dimensions sont :

- * Grande base : 3,2 m.
- * Petite base : 2,2 m.
- * Hauteur : 2,7 m.



Figure II-3 : Embouchure de la galerie niveau 1730m, filon n°4



Figure II-4 : Cheminée servant de passage du personnel, reliant les deux niveaux d'exploitation 1690m et 1730m, filon n°4

III-3-1-1-2: Galerie de sous niveau et niche

Elles sont creusées au minerai d'une forme carrée de 2m de côté.

III-3-2: Les ouvrages verticaux et inclinés

III-3-2-1: Cheminée

En général, elles sont creusées au minerai dont la forme rectangulaire avec les dimensions:

* Longueur : 3,0m.

* Largeur : 1,5m.

Descenderie : dont la forme est carrée. Elle est creusée au minerai (dont la forme est rectangulaire avec les dimensions). Leurs dimensions sont celles d'une galerie de raclage.

III-3-3: La Méthode d'exploitation appliquée (par sous niveaux abattus)

Le choix de la méthode d'exploitation est le plus important dans un projet. Les méthodes retenues sont :

*Chambres et piliers.

* Chambres magasins.

* Méthode d'exploitation par sous niveaux abattus.

* Méthode d'exploitation par traçage et dépilage.

La méthode appliquée au niveau du filon 4 est celle de sous niveaux abattus. La méthode consiste au creusement des trémies de soutirage au niveau de la voie de roulage, ensuite le creusement des sous niveaux du bas vers le haut et des recoupes pour le traçage et le découpage et enfin un tir de masse par bloc pour récupérer le reste du gisement [II-6].

III-3-3-1: Dépilage

L'abatage du minerai se réalise par des trous profonds verticaux ou en éventail. Le minerai abattu chute dans des entonnoirs auxquels par la galerie de roulage, il sera évacué dans des berlines vers le jour.

III-3-3-2: Travaux de forage et de tir [II-2, 3, 4]

En général les travaux d'abattages sont les plus essentiels des travaux miniers, qui comprennent les procédés suivants :

- Travaux de forages.
- Chargement des trous.
- Bourrage.
- Tir.

Ainsi pour faire les travaux de tir, il faut faire une connexion qui réside à un tir, c'est-à-dire quand doit choisir une connexion entre les trous de forage qui donnent un bon tir et une bonne fragmentation des roches, d'où il existe les méthodes de connexion suivant :

- Connexion en série.
- Connexion en parallèle.
- Connexion mixte.

Enfin, après chaque tir, la ventilation joue un rôle répondant pour évacuer les poussières et gaz toxiques revenant et des moteurs explosions et pour rendre l'air qui se trouve dans l'excavation respirable (la méthode utilisé au niveau de Ain Mimoun est l'aération naturel).



Figure II-5: Le compresseur alimentant les deux niveaux d'exploitation en aire comprimée, filon n°4

III-3-3-3: Chargement et transport du minerai

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



Figure II-6: Local tracteur (diésel), filon n°4.



Figure II-7: Pelle sur rail de chargement, filon n°4.

Technologie d'obtention de la baryte

Le minerai abattu est transporté vers la trémie de réception à l'extérieur de la mine qui sera par la suite chargé par le biais d'une pelle chargeuse dans des camions de 20 tonnes pour le transporter vers l'usine de traitement



Figure II-8: Trémie de réception

III-3-3-4: Eclairage

L'éclairage au niveau de la mine est assuré par deux procédés :

- Éclairage individuel : assuré par des lampes frontales à énergie électrique à batterie retro chargeables
- Eclairage des ouvrages miniers : assuré par du courant électrique à basse tension généré par un groupe électrogène installé à l'extérieur de la mine

III-3-3-5: Soutènement

Vu la nature géologique des roches encaissantes ainsi que la tectonique diversifiée provoquant par endroits des instabilités de terrain, on procède à leur stabilisation par le biais de soutènement en bois. Cela consiste à l'emplacement d'un dispositif de boisage latéral (pour soutenir les épontes de l'ouvrage minier) et de boisage transversal (pour soutenir le toit de l'ouvrage).

Dans le cas où l'ouvrage minier traverse des terrains à faible résistance (argiles,

Technologie d'obtention de la baryte

marnes...), le boisage sera jointif, sinon, il sera espacé dans les terrains à forte résistance (calcaire, dolomie, grés...).



Figure II-9: Soutènement en bois dans la galerie de niveau 1730m, filon n°4.

L'évacuation du minerai et des déblais de fond vers l'aire de stockage ou vers les terrils se fait par les wagonnets de capacité de 2 tonnes pour chacune enchaîné avec un locotracteur qui ramène ces wagonnets à l'extérieur. Et pour le transport du minerai de la zone de stockage vers les laveries et les stations de traitement, ils utilisent des camions de capacité de 18 tonnes pour chacun, et une pelle chargeuse de godet de volume de 1.5 m³



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure II-10: Chargement de tout-venant dans le camion de transport vers l'usine de traitement.

III-4: Traitement du minerai de baryte jusqu'à obtention de poudre

III-4-1: Préparation mécanique du minerai

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

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

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

Technologie d'obtention de la baryte

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

Etape	Opération	Définition
-1-	Concassage	réduction de la taille des particules afin de libérer le minéral utile de la gangue stérile.
-2-	Criblage	cette opération consiste de faire contrôler la granulométrie du minerai concassé et l'efficacité de cette fragmentation, jusque à l'obtention d'une granulométrie acceptable pour le procédé d'enrichissement suivant.
-3-	Jigage	classement des particules suivant leur densité dans un courant d'eau.
-4-	Séchage	réduction de l'humidité du produit sous l'effet de la chaleur.
-5-	Broyage et classification	pulvérisation du produit et classification granulométrique.
-6-	Conditionnement	Mise dans les big-bags



Figure II-11: Vue générale de la station du traitement actuel d'Ain Mimoun

III-4-2: Concassage, et criblage

Cette étape consiste en la réduction des grosses roches (350mm -tout venant, et roches abattues par explosif), à des roches de dimensions de l'ordre de 8mm. Ce concassage s'effectue en trois stades :

- Primaire (350 jusqu'à 60mm),
- Secondaire (60 jusqu'à 25mm),
- Tertiaire (25 jusqu'à 8mm).

Le produit ainsi concassé est ensuite acheminé par une bande transporteuse vers une trémie intermédiaire de capacité 100 T.



Figure II-12: Crible vibrant.



Figure II-13: Concasseur à mâchoires.

III-4-3: Jigage

Le Tout-venant réduit à une dimension inférieure à 10 mm subit une séparation gravimétrique humide dans un appareil appelé Remer-Jig



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure II-14: (a) La station de jigage, (b)-(c) Séparation gravimétrique du minerai barytique, et (d) concentrée.

III-4-4: Station de séchage et broyage et conditionnement



Figure II-15 : Station de séchage et broyage

Cette opération permet de transformer le concentré à un produit fini La station est devise en 03 parties

III-4-4-1: Séchage

Le concentré avec une humidité subit une opération de séchage dans un sécheur le produit issu du séchage transporté par un élévateur à godet pour être stocker dans une trémie de 30t de capacité après le produit séché envoyé dans un broyeur pendulaire.



Figure II-16: Station de séchage

III-4-4-2: Broyage

Le broyage pendulaire est effectué à l'aide d'un broyeur à disque elle permet la diminution de la taille des particules rocheuses à une petite dimension en générale de l'ordre de 100 μm à 70 μm .



Figure II-17: Le broyage du produit semi-fini jusqu'à 70 μm



Figure II-18: Poudre de baryte d'Ain Mimoun

III-4-4-3: Conditionnement

Le produit broyé (produit fini) stocké dans la trémie est conditionné dans des big-bags de 1,5 Tonnes à l'aide d'une ensacheuse.



Figure II-19: Le produit broyé (produit fini) stocké dans la trémie ;Big - bag de 1,5 Tonnes.

Technologie d'obtention de la baryte

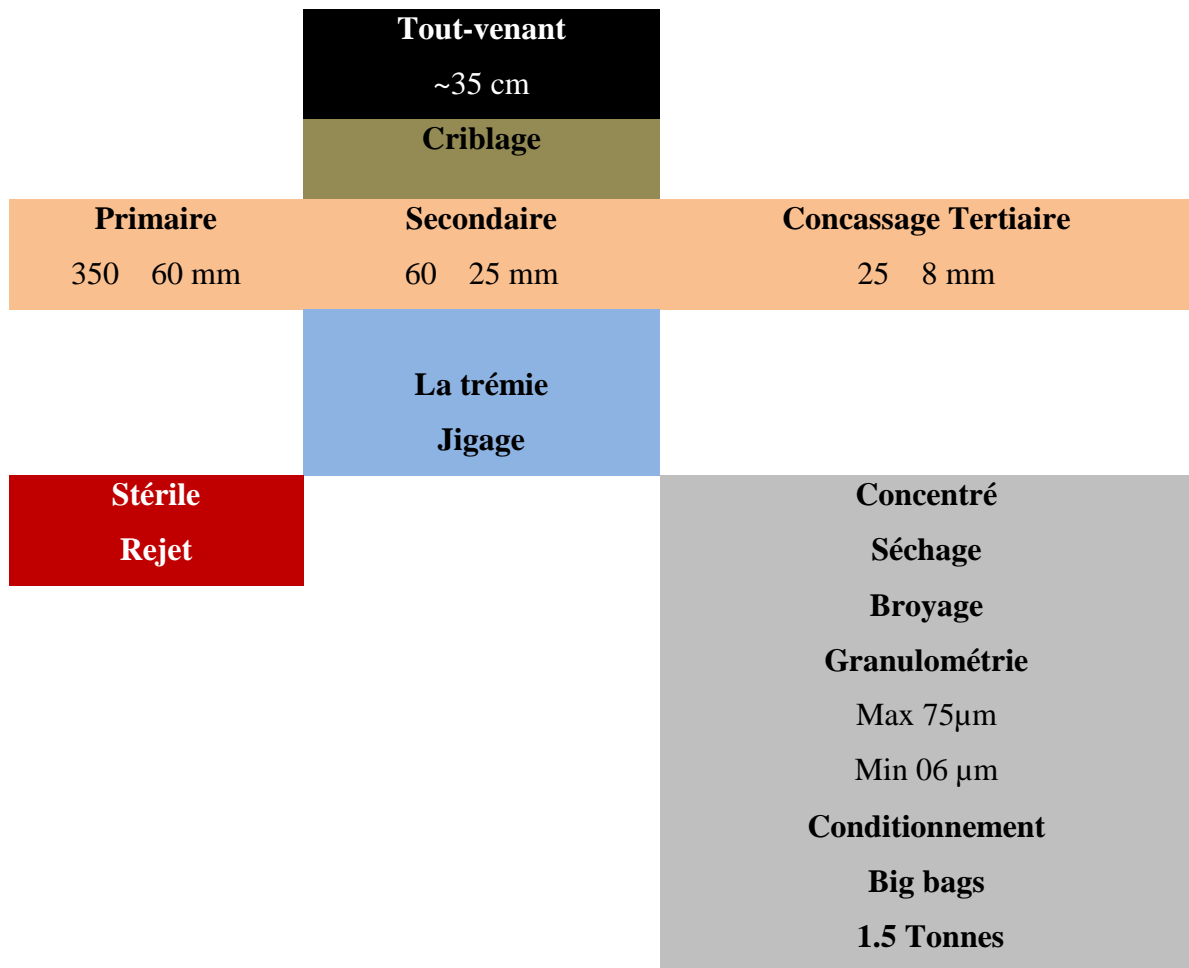


Figure II-20: Schéma technologique de traitement existant

Technologie d'obtention de la baryte

Schéma Technologique

Séchage et broyage fin

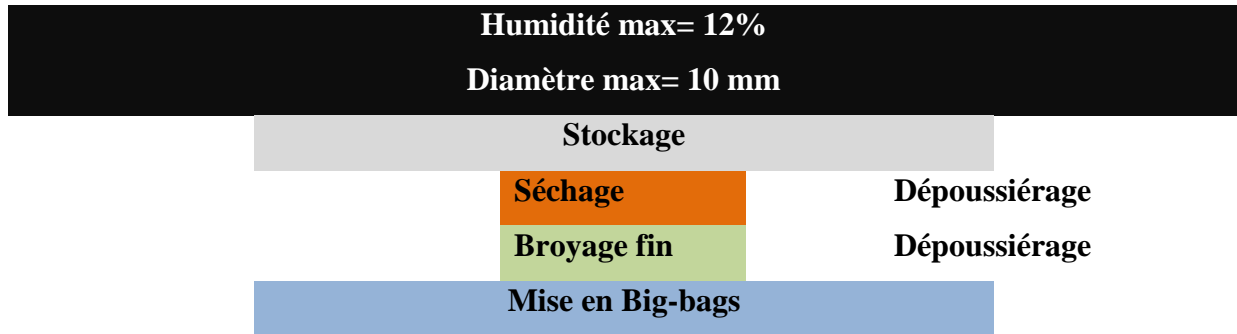


Figure II-21 : Schéma Technologique, Séchage et broyage fin.

FICHE TECHNIQUE

BARYTE (BARYTINE : BaSO₄)

Selon la norme A.P.I. 13 Section 2

Technologie d'obtention de la baryte

Caractéristiques physiques	
Densité	4.10-4.20
Métaux alcalino-terreux exprimés en calcium	250 max
Résidu 75 microns m	3 % en poids max
Particules de 06 microns m	30 % en poids max

Tableau II-1 : caractéristique physique de la baryte

Composition chimique	Quantité en masse pct
BaSO₄	90-92 %
CaCO₃	2.24 %
SrSO₄	1.4 %
SiO₂	1.2-2 %
Fe₂O₃	1.1 %
MgO	0.9 %

Tableau II-2 : Composition chimique de la baryte

Utilisation : Forage pétrolier, Forage hydraulique, Industrie chimique, Industrie de peinture, Industrie pharmaceutique, Caoutchouc.

I- Introduction

La spectrométrie infrarouge permet d'identifier les composés organiques et inorganiques, qu'ils soient cristallins ou amorphes. Elle saisit seulement les mouvements (vibrations par exemple) des atomes les uns par rapport aux autres. Elle connaît un regain d'intérêt avec l'apparition des spectromètres à transformée de Fourier. L'analyse des produits inorganiques peut se faire de manière très efficace, sur de faibles quantités par micro-prélèvement (~30 mg), à condition d'avoir des produits soigneusement broyés. L'utilisation d'un support en bromure de césium (CsBr de l'ordre de 100mg) et d'un spectromètre allant dans l'infrarouge lointain jusqu'à 200 cm^{-1} , un support de bromure de potassium (KBr) peut aller vers 400 cm^{-1} . Ainsi on peut identifier la plupart des produits inorganiques, qu'ils soient amorphes, mal ou bien cristallisés. Le domaine de signature des matériaux (oxydes, carbonates, sulfates, ou autres) se situe entre ~ 1500 et 200 cm^{-1} , cette partie du spectre FTIR est nommée fingerprint. Ce qui permet d'avoir des informations très utiles. Cette technique d'analyse complète ainsi les informations obtenues à partir des méthodes d'analyses dites classiques telles que la diffraction des rayons X ou la microscopie électronique à balayage. La conjugaison de tous les résultats expérimentaux permet de voir, d'analyser et d'affiner au mieux la structure des matériaux. Le travail qui suit donne la démarche à suivre lors d'un travail expérimental de spectroscopie FTIR, nous avons choisi d'analyser les divers minéraux qui nous ont été fournis par l'entreprise d'Ain Mimoun.

II- Rappel théorique

C'est une technique d'analyse simple à mettre en œuvre, une technique très riche en informations et très performante, aussi peu onéreuse. L'infrarouge est une onde électromagnétique de fréquence inférieure à celle de la lumière rouge (visible), sa longueur d'onde de l'infrarouge est comprise entre 780 nm et 1 000 000 nm. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé. Elle permet via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques existantes dans le matériau. Lorsque la longueur d'onde sera proche de l'énergie de vibration de la molécule, alors celle-ci va absorber le rayonnement IR, il y aura donc diminution de l'intensité réfléchie ou transmise. Le principe est d'envoyer à travers l'échantillon un faisceau infrarouge (domaine infrarouge entre 4000 cm^{-1} et 400 cm^{-1} ($2.5 - 25\text{ }\mu\text{m}$) correspondant au domaine d'énergie de vibration des molécules).

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

Le système formé par les deux atomes peut être considéré comme un oscillateur harmonique (une sorte de ressort de raideur k_r reliant les deux atomes)

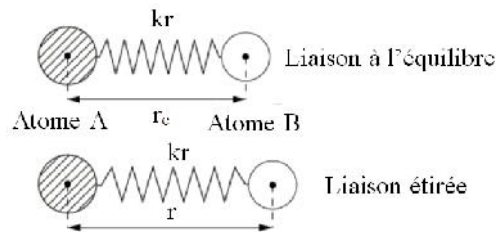


Figure III-1 : Exemple d'une molécule diatomique

dont on peut calculer la fréquence propre d'oscillation notée ν . Cette fréquence dépend de la masse réduite du système μ et de la force de la liaison interatomique. Elle est donnée par la loi de Hooke :

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_r}{\mu}} \quad \mu = \frac{m_a \cdot m_b}{m_a + m_b} \quad (1)$$

Lorsqu'une onde électromagnétique est en interaction avec la molécule diatomique, de l'énergie est absorbée. L'oscillateur est excité et les atomes vibrent avec la même fréquence autour de leur position d'équilibre. La molécule est en vibration d'élongation (étirement de la liaison A-B). Cette vibration de la molécule est appelée mode normal de vibration. La fréquence du quantum d'énergie absorbé est donnée par la loi de Hooke. Ce qui permet de déterminer la longueur d'onde de la radiation absorbée :

Longueur d'onde :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2)$$

avec c : vitesse de la lumière

En spectroscopie, plutôt que d'utiliser la longueur d'onde ou la fréquence, on préfère utiliser l'inverse de la longueur d'onde appelé nombre d'onde et exprimé en cm^{-1} .

Nombre d'onde :

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad (3)$$

Ces grandeurs étant caractéristiques de la molécule, en analysant des radiations absorbées par l'échantillon on peut donc identifier les transitions entre niveaux d'énergie et en déduire des informations sur la structure de cette molécule.

III- La technique FTIR

Le domaine infrarouge se subdivise en trois régions:

Type d'infrarouge	Nombre d'onde	Longueur d'onde
infrarouge proche (PIR)	13,333-4,000 cm ⁻¹	0.8-2.5 μm
infrarouge moyen (IRM)	4000-400 cm ⁻¹	2.5-25 μm
infrarouge lointain (IRL)	400-10 cm ⁻¹	25-1000 μm

Dans le domaine infrarouge moyen les bandes d'absorption ou de réflexion sont normalement dues aux divers groupements atomiques des minéraux. Les spectres dans l'infrarouge moyen d'un minéral apportent toujours des informations importantes sur les groupements fonctionnels qui le constituent. La plupart des bandes caractéristiques des minéraux se rencontrent dans la zone moyenne du spectre infrarouge. De ce fait, les recherches sur les minéraux et les germes sont nombreuses dans ce domaine.

- La technique FTIR a été utilisée dans les modes d'absorbance dans la gamme de 200-4000 cm⁻¹. Dans le cas des oxydes (par exemple) il est impératif d'avoir toutes les bandes de fréquences caractéristiques entre 200 et 1000 cm⁻¹. L'appareil est équipé d'un système permettant la réduction des cours d'optique dans l'air afin de minimiser les perturbations associées à l'air ambiant (vapeur d'eau et de CO₂). La spectroscopie utilisée pour obtenir le spectre d'absorption, ou de transmission d'un échantillon solide, liquide ou gazeux. Elle permet via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'effectuer l'analyse des fonctions présentes dans le matériau. Les spectres IR ont été obtenus en utilisant un spectromètre Perkin-Elmer (figure III-5) à une résolution de 8cm⁻¹. Pour chaque échantillon, 120 scans ont été utilisés. L'incertitude sur la position des différents pics est égale à ± 2 cm⁻¹.

IV- Mode opératoire et accessoires de spectroscopie FTIR

10-100 mg d'oxydes, hydroxyde, sulfure ou carbonate sont prélevés (poudre, ou oxyde grattée).

La poudre est mélangée (pendant au moins une minute) dans un mortier en Agathe avec ~100 mg de KBr, Le mélange est introduit dans le moule avant pastillage. Le mélange a été ensuite comprimé-pastillé dans presse hydraulique (à une pression de 10 Tonnes). La pastille est ensuite extraite du moule pour être placée dans un porte échantillon. L'appareillage analyse préalablement un spectre background relatif à l'atmosphère qui règne dans la salle d'analyse (exemple vapeur H₂O et CO₂). Une fois l'échantillon placé dans l'appareil, es spectres de transmission ont été obtenus, après une durée ~20 de secondes. Tous les spectres infrarouges sont des rapports d'absorbance en fonction des nombres d'ondes incidentes.

$$A = - \log \left(\frac{I}{I_{\text{zéro}}} \right) \quad (4)$$



Moule pour pastillage



Mortier en agathe



Spatule



Porte échantillon

Figure III-2 : Accessoires pour pastillage



Presse hydraulique

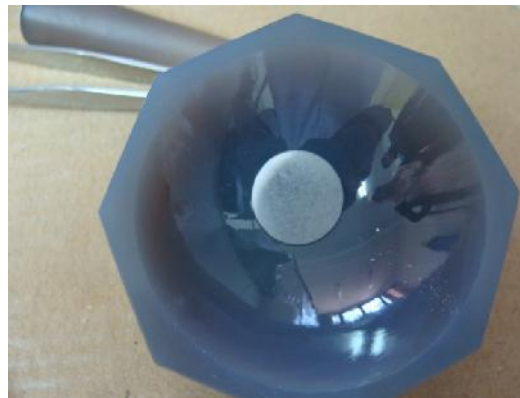


Indicateur de pression

Figure III-3 : Presse pour pastillage



Exemple de pastille



Exemple de pastille



Exemple de pastille



Exemple de pastille

Figure III-4: Exemple de pastille



Figure III-5 : Spectromètre FTIR Frontier-Perkin Elmer



Placement de l'échantillon



Echantillon pour analyse

Figure III-6 : Echantillon pour analyse

En spectrométrie, la **transmittance (T)** est liée à l'**absorbance (A)** par :

$$T = 10^{-A} \quad \text{C'est-à-dire} \quad A = -\text{Log}(T) \quad (5)$$

V- Enregistrement du spectre Background

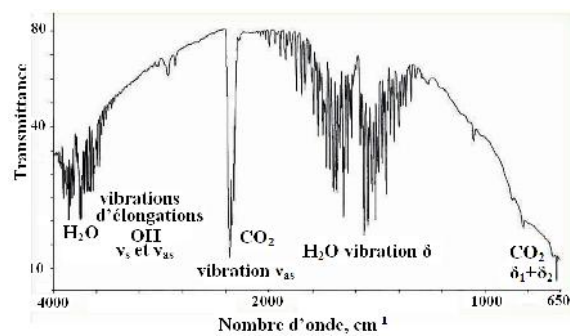


Figure III-7 : background d'analyse préalable.

VI- Résultats d'analyses des minéraux de l'entreprise d'Ain Mimoun

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

Les minéraux recueillis ont été analysés par spectroscopie FTIR,

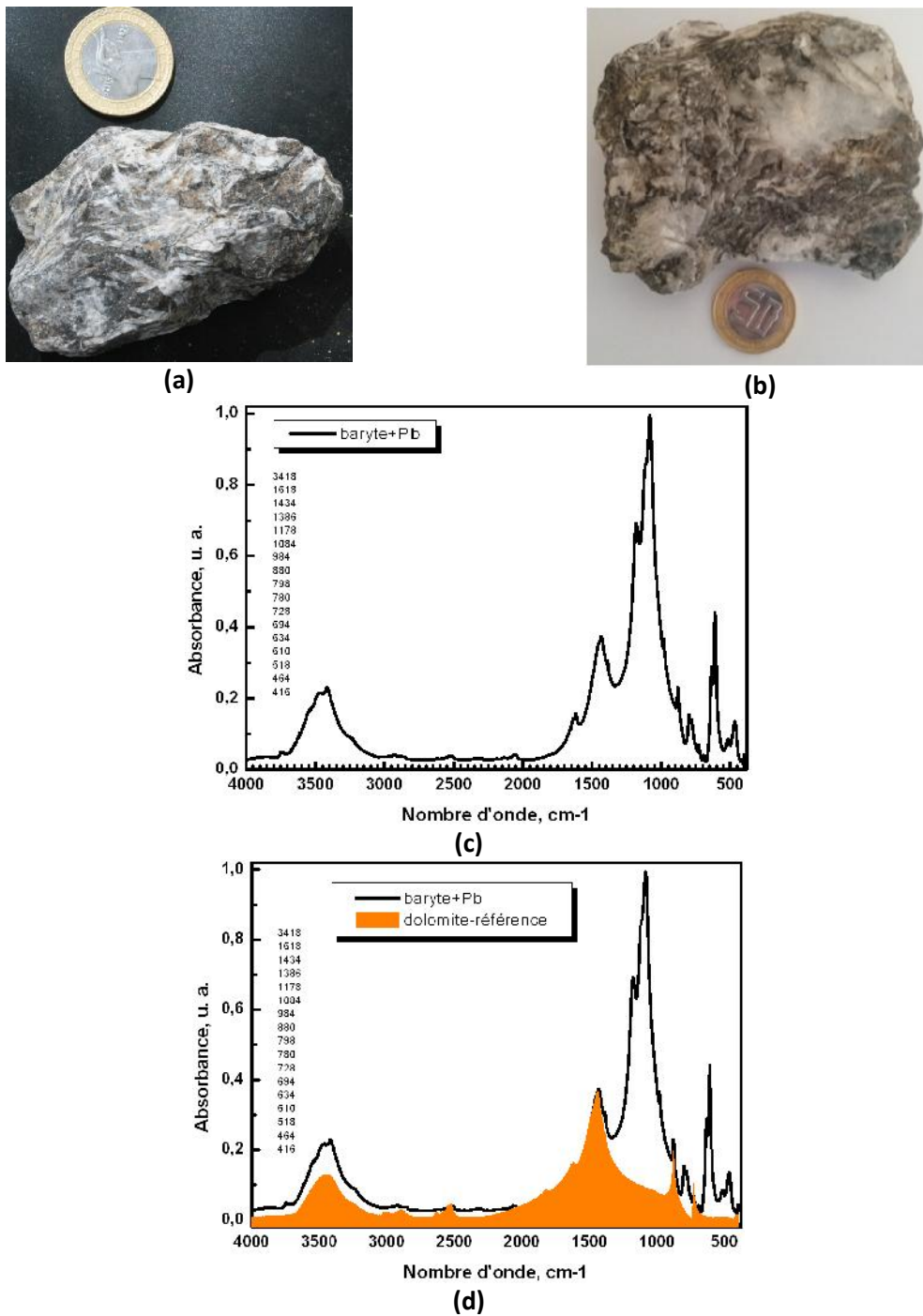


Figure III-8 : (a) et (b) Photographies de la pierre analysée, (c) et (d) Analyse FTIR, révélant la présence de baryte (majoritaire) + dolomite $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (pour l'interprétation voir le tableau n° 1).

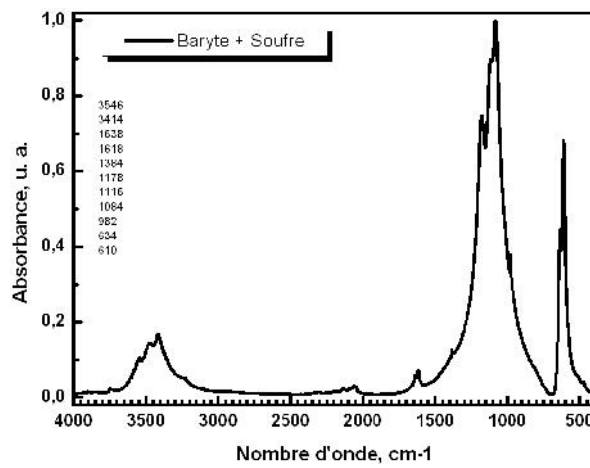
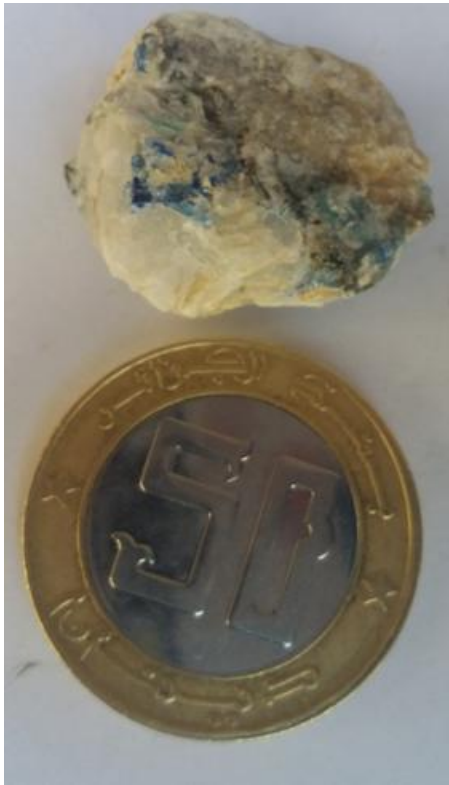


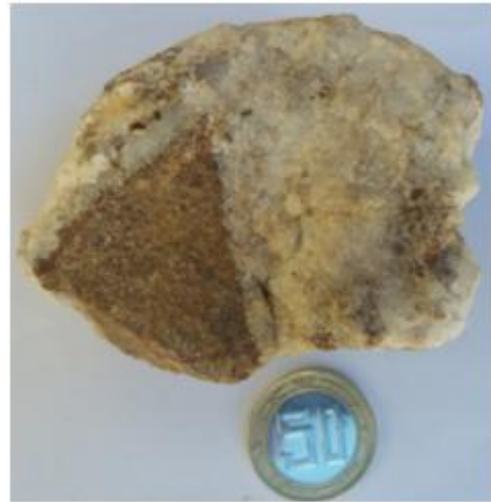
Figure III-9 : Analyse FTIR révélant un minéral majoritairement barytique

Voir tableau n°1

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun



Azurite sur baryte



Malachite sur baryte

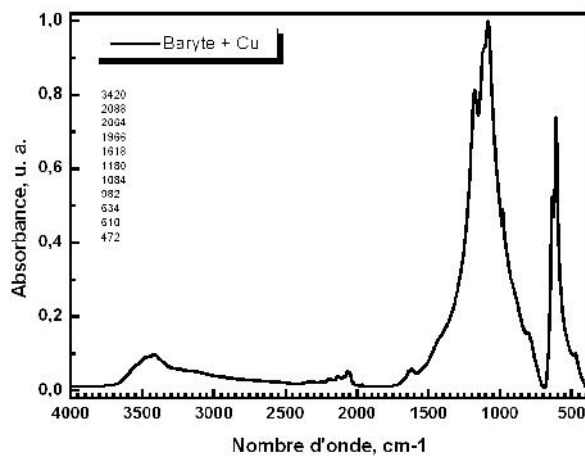


Figure III-10 : Analyse FTIR révélant un minéral majoritairement barytique

Voir tableau n°1

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

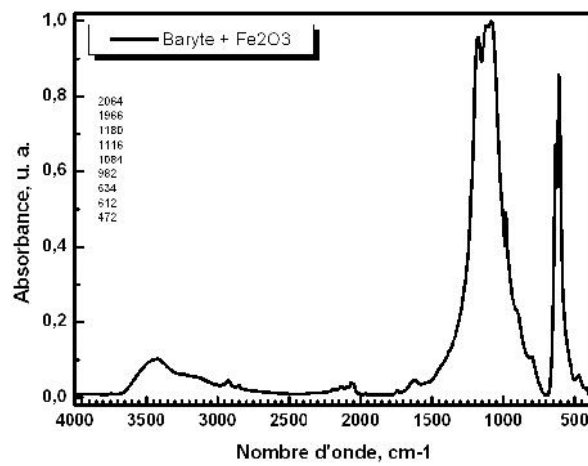


Figure III-11 : Analyse FTIR révélant un minéral majoritairement barytique

Voir tableau n°1

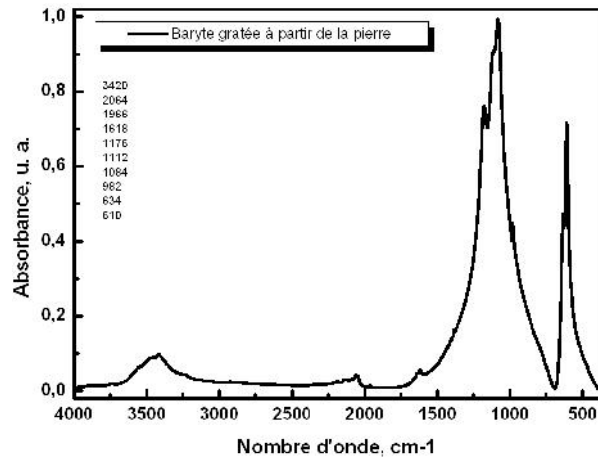
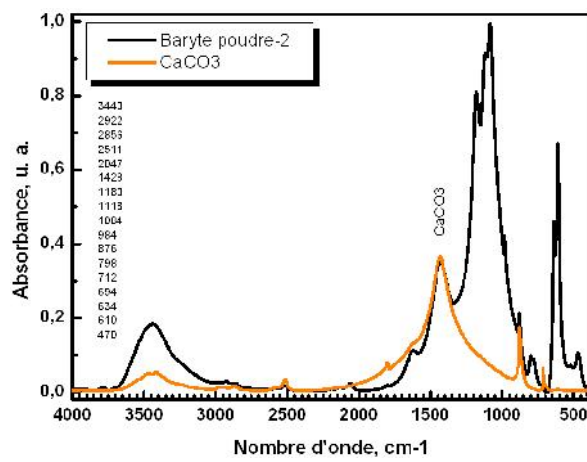


Figure III-12 : Spectre FTIR d'une poudre de baryte grattée à partir d'une pierre



(a) Poudre de baryte



(b)

Figure III-13 : Analyse FTIR, révélant la présence de baryte (majoritaire) + dolomite

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

Les figures précédentes confirment toutes la présence des spectres des sulfates de baryum. Certaines montrent aussi la présence de la dolomite comme composé associé au minéral de baryte. Le tableau ci-dessous n° 1 donnent les affectations liées aux vibrations des sulfates et des carbonates.

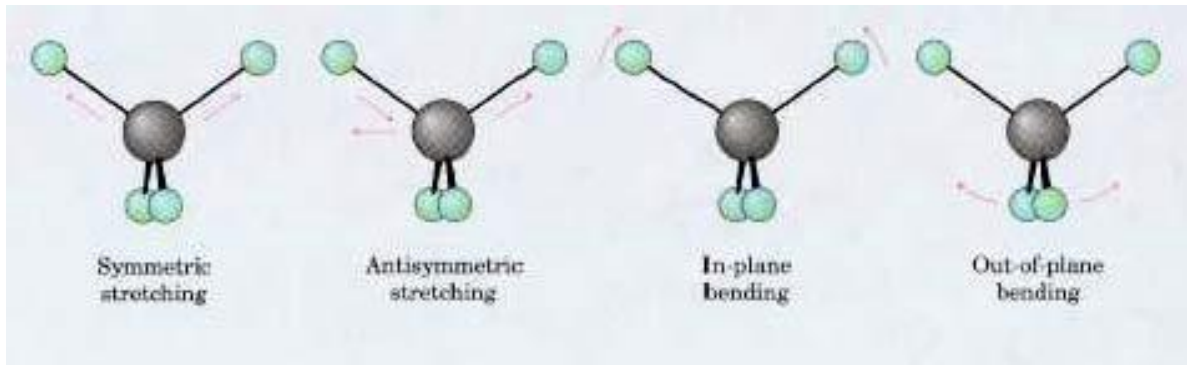


Figure III-14 : Vibrations ν_1 et ν_2 dans le groupe SO_4^{2-}

Vibration symétrique qui s'étend à 10,194 nm pour ν_1 (SO₄),

Vibration asymétrique qui s'étend à 9,058 nm pour ν_3 (SO₄),

Vibration symétrique plié à 23,202 nm pour ν_2 (SO₄),

Vibration asymétrique plié 16,313 pour ν_4 (SO₄).

Groupes	Valeur	Assignement	Ref
SO_4^{2-}	~1105	corresponding to the asymmetric stretch, ν_3 ;	[6, 7, 8]
	~983	symmetric stretch, ν_1 ;	
	~611-634	asymmetric bend, ν_4 ;	
	~450	symmetric bend, ν_2 ,	
	~2000	overtones and combination bands of the sulphur- oxygen stretching and bending vibrations.	[9, 10, 11]

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

H ₂ O	1630, 3430	, and respectively	
-CH ₂ and - CH ₃	2925, et 2852		
CO ₃ ²⁻	726	4 to the in-plane bending mode (4).	[12 , 13, 14 , 15]
	881	2 out-of-plane bend (2).	
	1446	3 antisymmetric stretch (3).	
	1881	1+ 4	
	2525	2 2+ 4	

Tableau III-1 : Vibrations FTIR caractéristiques des SO₄²⁻, H₂O, et CO₃²⁻.

Poudre de quartz

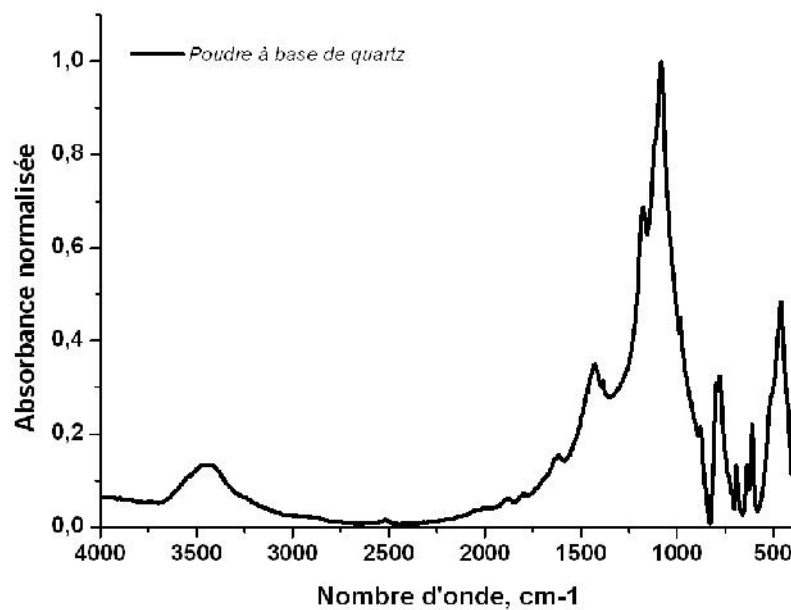


Figure III-15 : Analyse FTIR, révélant la présence de quartz

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

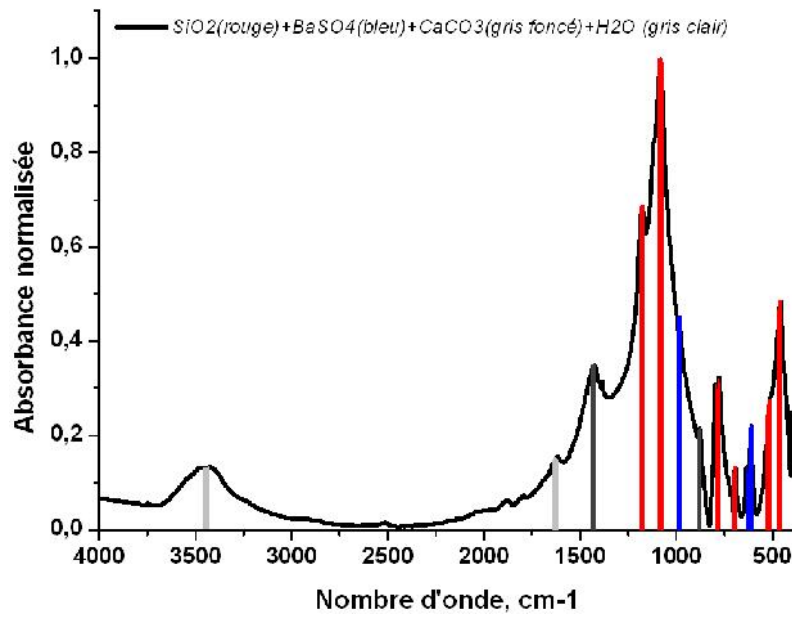


Figure III-16 : spectre FTIR de la poudre de quartz et qui révèle en plus des vibrations de SiO_2 , la présence de baryte + CaCO_3 + H_2O

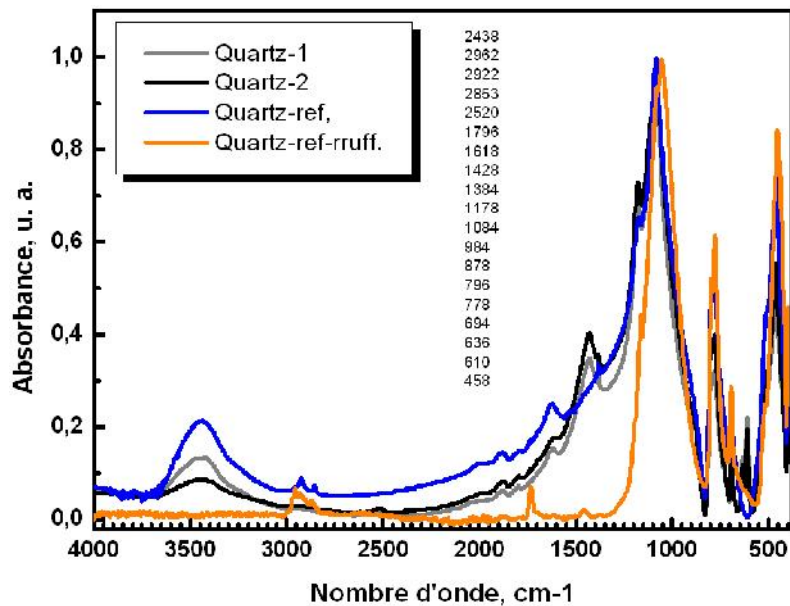


Figure III-17 : comparaison de différent spectre de quartz (selon la pureté de quartz)

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

Bande, cm^{-1}	Assignment	Référence
3435	Absorbed water	
1632	H-O-H str.	
1082	Si-O-Si, SiO str.	
1175	Si-O-Si str.	[III-22]
797	Si-O sym.str	
778	Si-O sym.str	
694	Si-O of SiO_4 sym.bend	
516	Si-O-Al asym.bend	
475	Si-O-Si asym.bend	

Tableau-III-2 : valeurs caractéristiques des vibrations FTIR de SiO_2 .

VII-Résultats MEB et EDX sur la baryte poudre

Des observations ou microscopie électronique à balayage (MEB), et analyses EDX ont été réalisées

les Figures III-18 : (a), et (b) ont été réalisées sur la roche de baryte, tandis que la Figure III-18 : 14(c), et (d) montrent les micro MEB de la poudre ce qui indique la granulométrie de celle-ci

Enfin la Figure III-18 : (e), donne l'analyse EDX de la baryte poudre indiquant présence des éléments Ba, O, S, Si, Ca, Mg, Fe, Cu ; Zn.

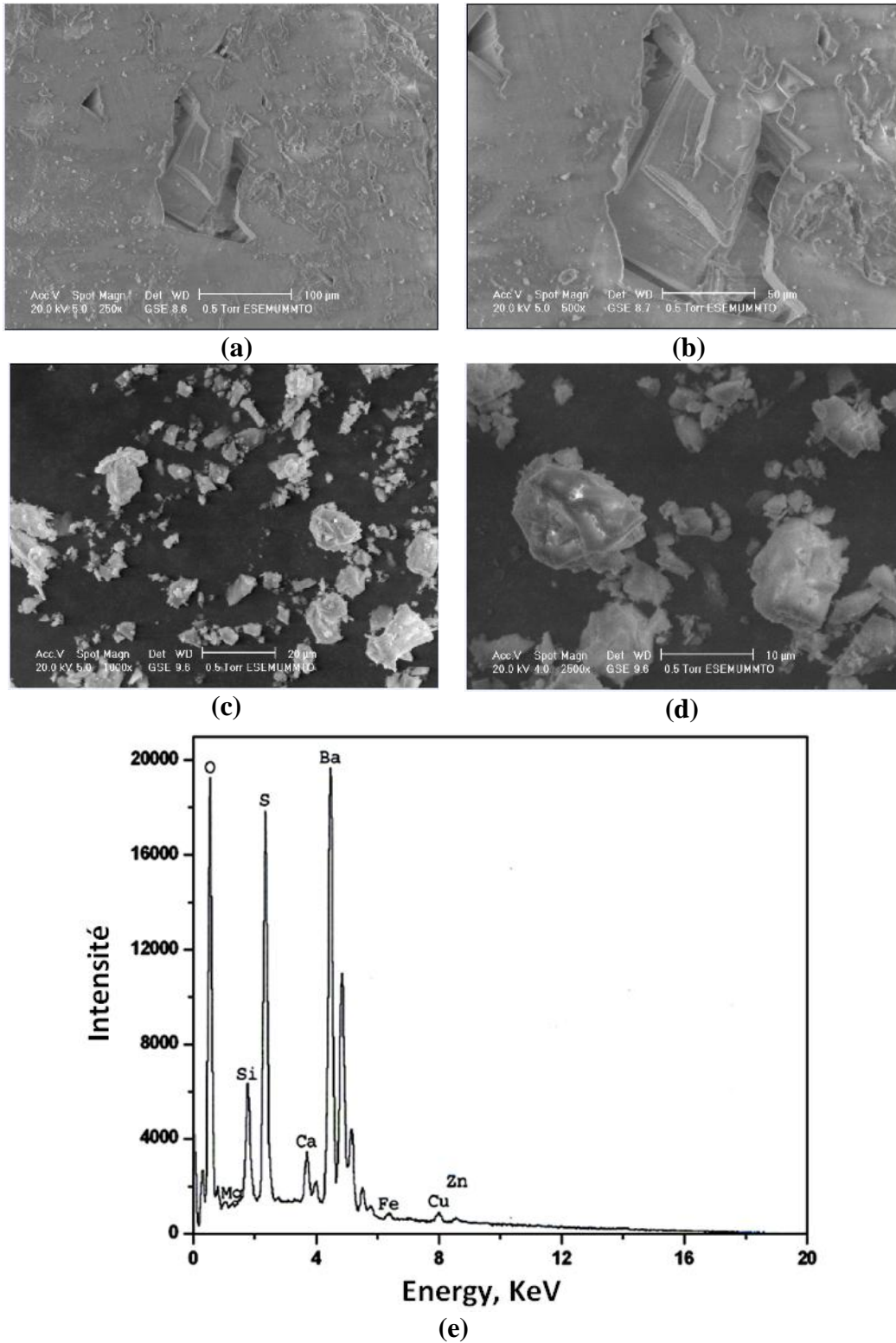


Figure III-18 : (a), (b) image MEB de la roche de baryte
(c), (d) image MEB de la poudre de baryte
Et (e) analyse EDX de la poudre da baryte

VIII-Données de diffraction des rayons X, de la baryte, dolomite, quartz.

Nous avons utilisé le logiciel MERCURY pour avoir des données sur les structures (BaSO₄), (SiO₂) et (CaMg (CO₃)₂)

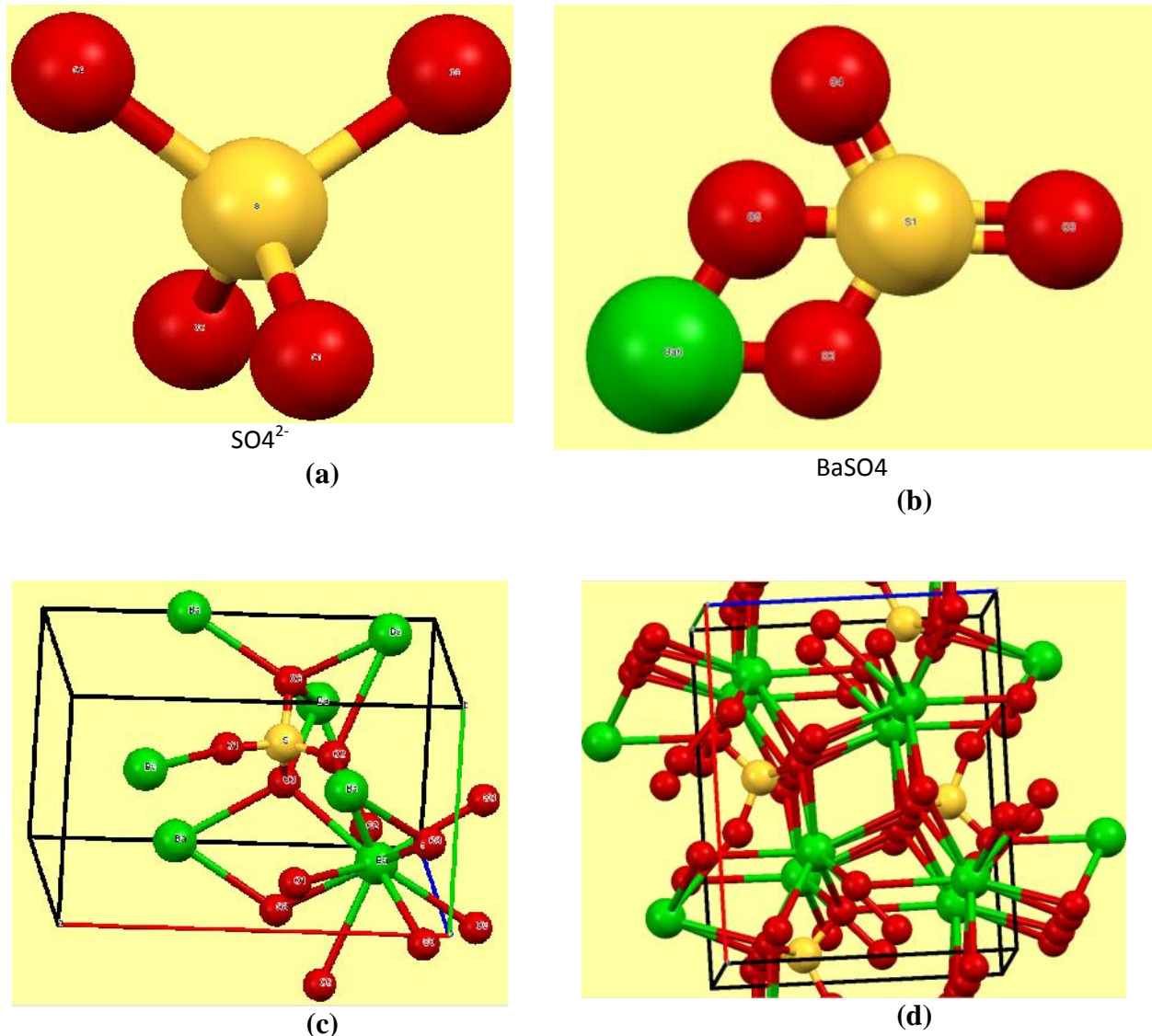


Figure III-19 : (a) représentation dans le plan (3D).de groupe SO_4^{2-}

(b) Structure chimique $BaSO_4^{2-}$ (représentation dans le plan 3D).

(c) maille primitive $BaSO_4$

(d) empilement dans la maille

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

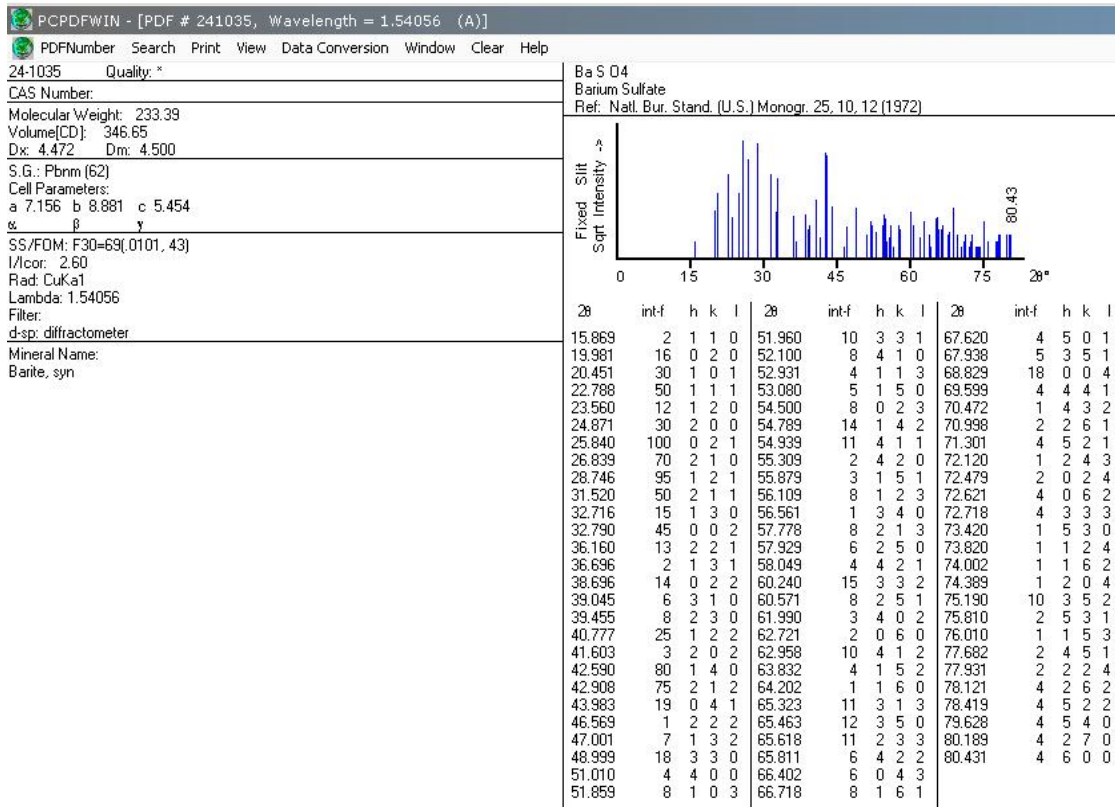
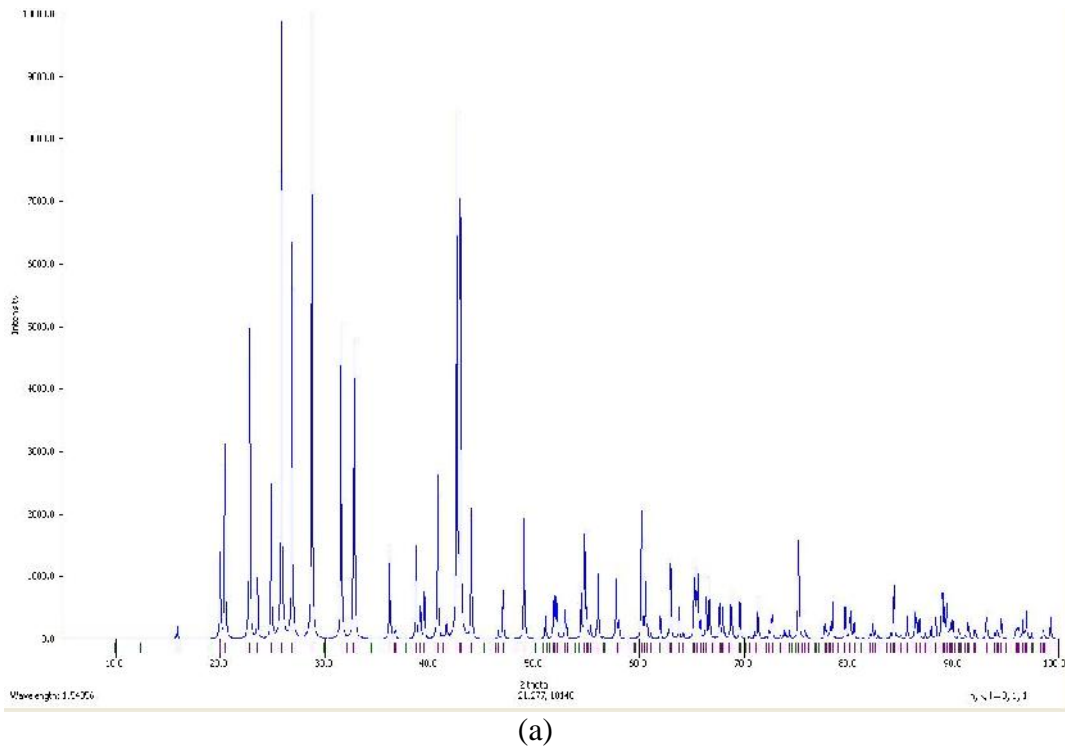
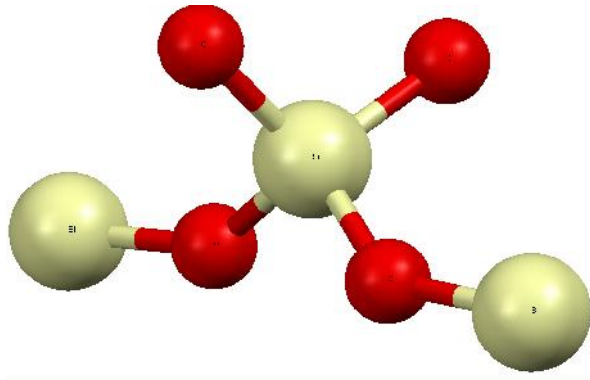
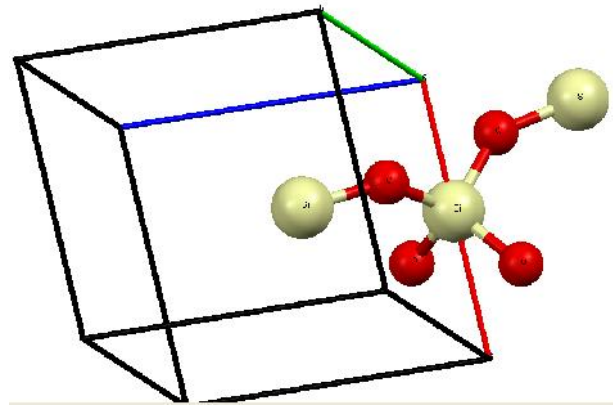


Figure III-20 : (a) diffractogramme de DRX de la baryte poudre (MERCURY)
(b) fiche JCPDS (1998) de la baryte

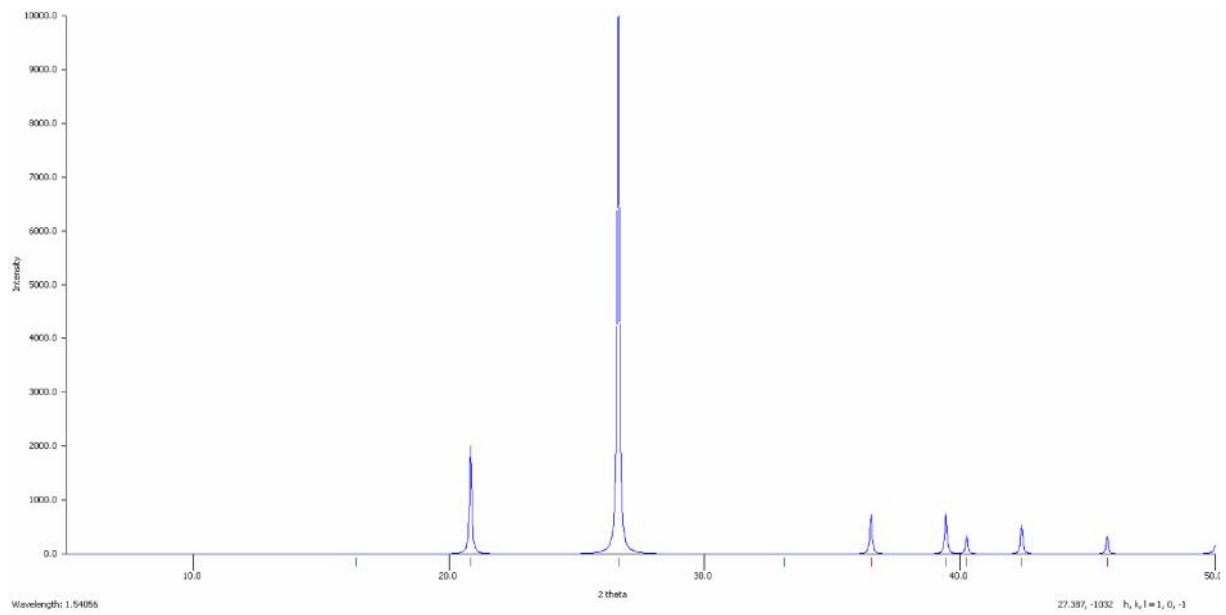
Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun



(a)

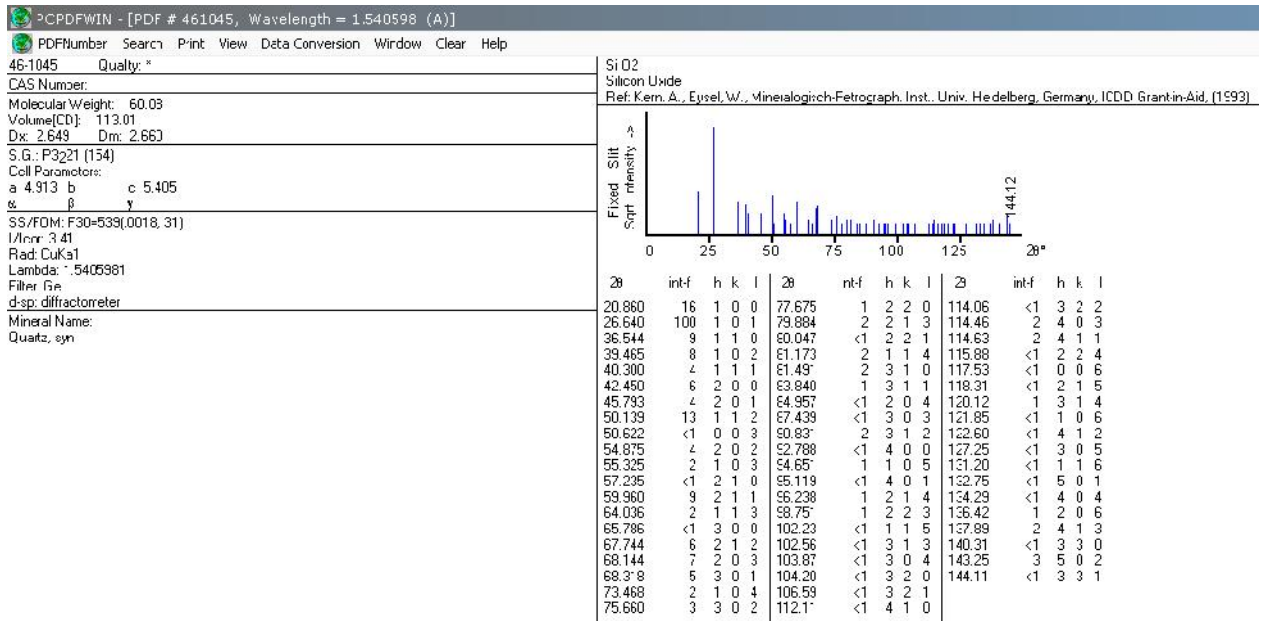


(b)



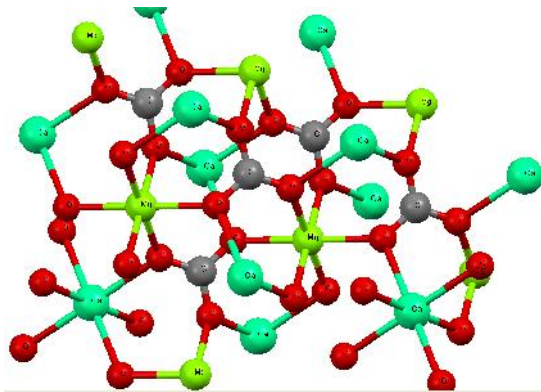
(c)

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

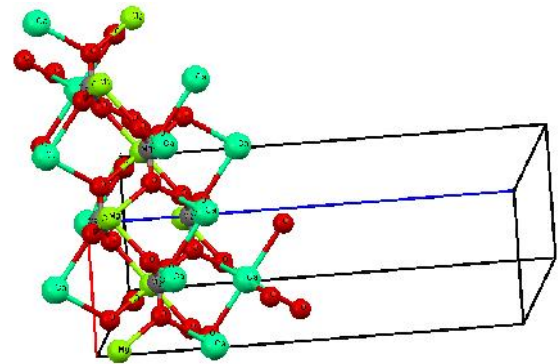


(d)

Figure III-21 : (a) représentation dans le plan (3D).de groupe SiO2
 (b) maille primitive SiO2
 (C) diffractogramme de DRX de quartz (MERCURY)
 (d) fiche JCPDS (1998) de quartz



(a)



(b)

Analyses FTIR des roches d'Ain Mimoun

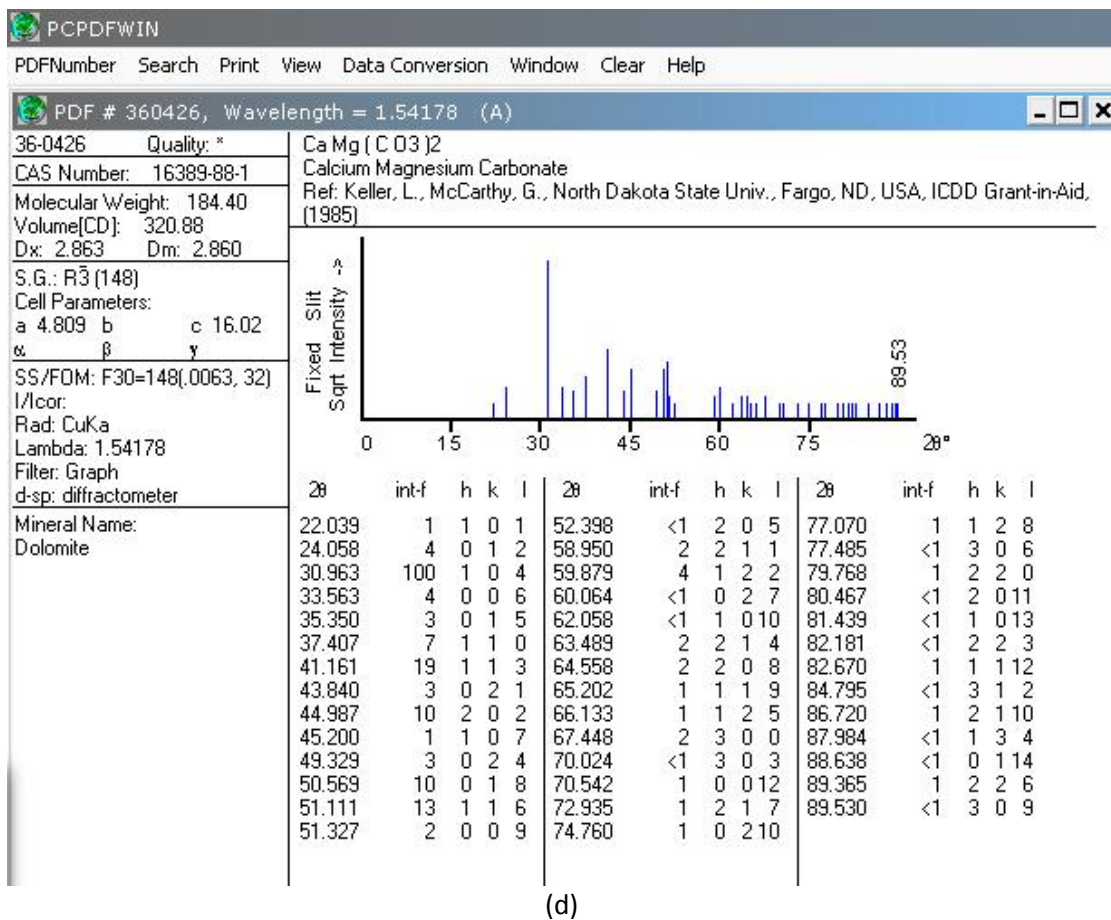
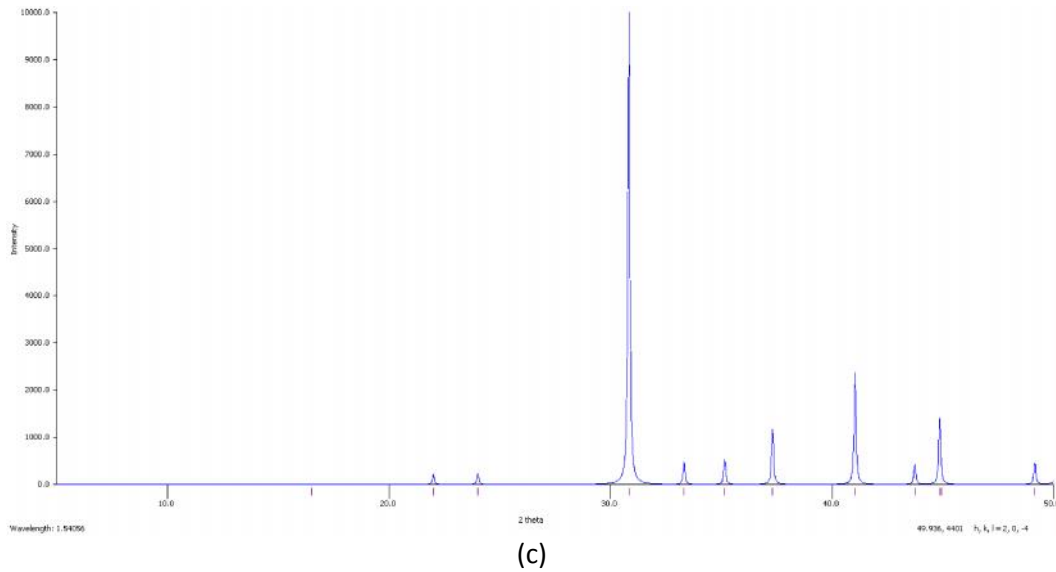


Figure III-22 : (a) représentation dans le plan (3D).de groupe CaMg (CO₃)₂
 (b) maille primitive CaMg (CO₃)₂
 (C) diffractogramme de DRX de dolomite (MERCURY)
 (d) fiche JCPDS (1998) de dolomite

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La baryte prend toute son importance vu qu'elle est essentielle dans l'industrie du pétrole, de plus elle est aussi utilisée en industrie automobile (pneumatiques, plaquettes de freins), dans l'industrie de la peinture, dans la papeterie, en médecine (lavement baryté), en verrerie. Le site d'Ain Mimoun, de par ses potentialités offre pas moins de 21 filons qui sont actuellement en état d'exploitation. Ces filons dont la longueur peut atteindre 1450 m et des pourcentages en baryte allant de 80.23 à 98.45%. Actuellement les prix de la baryte varient entre 109 dollars et jusqu'à 1500 dollars bien sûr selon sa qualité et sa pureté. La baryte et après extraction, est sélectionnée par traitement gravitationnel. La technologie repose sur diverses étapes successives : concassage, jig, classification, concentré, séchage, broyage, et enfin conditionnement, on démarre de pierres allant de l'ordre de 30 cm pour enfin aboutir à une poudre de granulométrie comprise entre 6 microns et 75 microns. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons utilisé la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier, technique qui a démontré son importance dans divers domaines et particulièrement en minéralogie. Quelques minéraux ont été collectés pour analyses spectroscopiques (FTIR), et il s'est avéré qu'en plus du minéral $BaSO_4$, nous avons eu de la $CaCO_3$, et aussi SiO_2 . Il est à noter que la présence de quartz joue un rôle assez néfaste surtout pour les appareillages de concassage.

Références bibliographiques

Chapitre I : Généralités sur la baryte

- [I-1] Albouy L., Rousseau CH.,
Mémento roches et minéraux industriels, la barytine,
rapport brgm r 37775 aoute 2014.
- [I-2] Jacobsen S.D., Smyth J.R., Swope R.J., and downs R.T.,
rigid-body character of theso4 groups in celestine, anglesite, and barite
1998.
- [I-3] <https://www.ipobgovernment.org/ipob1/exploration-and-production-of-barite-in-cross-river-state-to-meet-growing-demand-by-international-oil-companies-in-nigeria/>
- [I-4] <https://www.geminterest.com/gemlistpop.php?ID=117>
- [I-5] Duflos G.,
Association des amis d'allègre, association de la neira, 2014.
http://www.amis-allegre.org/fichier_associe/baryte_barytine.pdf
- [I-6] Chelouche F.,
Ouverture et exploitation du gisement de baryte de draissa (Wilaya De Bechar), Projet
De Fin D'étude, Ecole Nationale Polytechnique, 2009/2010
- [I-7] Mémento roche et minéraux industriel rapport BRGM R37775 DMM-RMI-93 de – la
barytine.
<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-37775-FR.pdf>
- [I-8] http://www.bariteofmaroc.com/indexfr_fr.html
- [I-9] <http://www.societechimiquedefrance.fr/extras/Donnees/mine/BaSO4/cadBaSO4.htm>
- [I-10] USGS; United States Geological Survey (janvier 2015)
- [I-11] http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Mementos_RMI/brgm-nov.2014-barytine-rp-63974-fr.pdf
- [I-12] http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Mementos_RMI/brgm-nov.2014-barytine-rp-63974-fr.pdf
- [I-13] <https://www.djazairess.com/fr/lemaghreb/28492>
Samira G., Publié dans Le Maghreb le 29-07-20109
- [I-14] <http://elmouchir.caci.dz/somibar-socit-des-mines-de-baryte-dalgrie-unit-khenchela-10382.html>
- [I-15] MEM ; Ministère d'énergie et des mines site officiel.
- [I-16] <http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=la-baryte1>
- [I-17] mémoire master Tebessa

Chapitre II : Technologie d'obtention de la baryte

- [II-1] Baladah F.,
Revalorisation des rejets barytiques issues des jigs et impact
environnemental : cas de la mine d'Ain Mimoun Khenchela
Mémoire de Magister en mines, Université Badji Mokhtar ANNABA,
Faculté des Sciences de la Terre, Département des Mines. 2011/ 2012
<http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2014/05/m%C3%A9moire-fares-pdf.pdf>

Références bibliographiques

- [II-2] Batouche T., Abbassi I., ...
Calcul qualitatif quantitatif d'un nouveau schéma de traitement du minerai barytique de Ain Mimoun Khenchela
Université Larbi Tebessi-TEBESSA- Faculté des Sciences et de la Technologie Département de Génie des Mines, 2015-2016
<http://www.univ-tebessa.dz/fichiers/masters/st160096.pdf>
- [II-3] Baghdadi M. Y., Mansouri K.
Etude d'enrichissement du minéral de la baryte de gisement de Draïssa-Bechar.
Mémoire de fin d'étude, Université Abderrahmane MIRA - BEJAIA
Faculté de technologie, 2014-2015
- [II-4] Chadrin et Jarrikov,
Travaux de prospection dans la région des Aurès.
1968.
- [II-5] Rapport Interne d'Ain Mimoun .
- [II-7] Plan d'exploitation 2016 de Ain Mimoun. W. Khenchela (géologie et développement, exploitation, traitement, laboratoire et hygiène et sécurité).

Chapitre III : Analyses FTIR des roches d'Ain mimoun

- [III-1] http://www.sgm.univ-savoie.fr/LP/carac_2010/Bochu_Chacón/FTIR/Bochu_Chacón_FTIR_fichiers/frame.htm
- [III-2] <https://www.annabac.com/annales-bac/de-la-liaison-covalente-la-spectroscopie-infrarouge>
- [III-3] http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/eau/comprendre/eau_univers/rappels-physiques/la-spectroscopie-infrarouge-i-r
- [III-4] Ostroumov M., Lasnier B., Fritsch E., Lefrant S.,
Spectres diagnostiques de réflexion des minéraux dans le domaine infrarouge lointain
Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, volume 17, número 2, 2000, p. 163-167
- [III-5] <http://jean-jacques.auclair.pagesperso-orange.fr/ftirUV/background.htm#>
- [III-6] Lane M.D.,
Mid-infrared emission spectroscopy of sulfate and sulfate-bearing minerals,
American Mineralogist, Volume 92, pages 1.18, 2007
- [III-7] Nakamoto K. ,
Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination, Compounds.
Wiley and Sons, New York, 1986.

Références bibliographiques

- [III-8] Hug S.J. ,
In situ Fourier transform infrared measurements of sulfate adsorbed on hematite in aqueous solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1997,188, 415-422.
- [III-9] Ramaswamy V., Vimalathithan R.M., Ponnusamy V.,
Synthesis of well dispersed, elliptical shaped Barium Sulphate nanoparticles via Water – Chloroform mixed solvent,
Archives of Physics Research, 2010, 1 (4): 217-226
<http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- [III-10] Shen Y., Li C., Zhu X., Xie A., Qiu L., Zhu J.,
J. Chem. Sci., 2007, 119, 319-324.
- [III-11] Manam J., Das S.,
Indian J. Pure & Appl. Phys., 2009, 47, 435-438.
- [III-12] Mahjoubia F. Z., Khalidib A., Abdennouri M., Barka N.,
Zn–Al layered double hydroxides intercalated with carbonate, nitrate, chloride and sulphate ions: Synthesis, characterisation and dye removal, *Journal of Taibah University for Science* 11 (2017) 90–100
- [III-13] Frost R. L., López A., Scholz R., Xi Y., Belotti F.M.,
Infrared and Raman spectroscopic characterization of the carbonate mineral huanghoite – And in comparison with selected rare earth carbonates,
Journal of Molecular Structure 1051 (2013) 221–225
- [III-14] Andersen F. A., Brecvic L. ,
Infrared spectra of amorphous and crystalline calcium carbonate,
Acta Chemica Scandinavica, 1991, 45, 1018-1024
- [III-15] Gunasekaran S., Anbalagan G.,
Thermal decomposition of natural dolomite,
Bull. Mater. Sci., Vol. 30, No. 4, August 2007, pp. 339–344. © Indian Academy of Sciences.
- [III-16] Anbalagan G., Prabakaran A. R., Gunasekaran S.,
Spectroscopic characterization of indian sand,
Journal of Applied Spectroscopy · March 2010, V. 77, N 1, 95-103.
- [III-17] Tomi Z. P., Anti Mladenovi S. B., Babi B. M., Poharc Logar V. A., or evi A. R., Cupa S. B.,
Modification of smectite structure by sulfuric acid and characteristics of the

Références bibliographiques

- modified smectite
Journal of Agricultural Sciences, Vol. 56, No. 1, 2011, Pages 25-35.
- [III-18] V. Ramasamy, P. Rajkumar, V. Ponnusamy
Depth wise analysis of recently excavated Vellar river sediments through FTIR and XRD studies
Indian J. Phys. 2009, 83 (9), 1295-1308.
- [III-19] E. R. Lippincott, A.V. Valkenburg, C.E. Weir, E. N. Bunting Infrared Studies on Polymorphs of Silicon Dioxide and Germanium Dioxide,
Journal of Research of the National Bureau of Standards, July 1958, Vol. 61, No.1, 61-70.
- [III-20] Muller C. M., Pejicic B., Esteban L., Piane C. D., Raven M., Mizaikoff B.,
Infrared Attenuated Total Reflectance Spectroscopy: An Innovative Strategy for Analyzing Mineral Components in Energy Relevant Systems, Scientific report - Nature.com | 4 : 6764 | DOI: 10.1038/srep06764
- [III-21] Bhaskar J. S., G. Parthasarathy, Sarmah N. C.,
Fourier transform infrared spectroscopic estimation of crystallinity in SiO₂ based rocks, Bull. Mater. Sci., Vol. 31, No. 5, October 2008, pp. 775–779. © Indian Academy of Sciences
- [III-22] G. Anbalagan ,A.R. Prabakaran ,S. Gunasekaran, spectroscopic characterization of Indian standard sand, Journal of applied spectroscopy,V.77,N1,95-103
- [III-23] Logiciel MERCURY

Résumé

Notre travail a été consacré à la baryte. Nous avons montré son importance industrielle à l'échelle mondiale et à l'échelle nationale. Son prix varie de 110 à 1500 dollars selon sa pureté, la chine en est le producteur principal à l'échelle mondiale, et l'Algérie occupe la 12^{ème} place en production. Notre besoin national en baryte est de 250 000 tonnes /année, tandis que nous produisons 60 000 t/a. La majorité de la baryte (~80 %) est utilisée en boue de forage pour l'industrie du pétrole. Nous avons pris l'entreprise d'Ain Mlila comme exemple, ou nous avons suivi la production, les diverses étapes suivies pour produire le minerai (depuis l'extraction, le concassage, le jiguage, et jusqu' au conditionnement). Nous avons utilisé la technique d'analyse FTIR pour caractériser cette baryte, et connaître aussi les produits associés. Enfin nous avons présenté les données cristallographiques des roches de baryte, dolomite, quartz, minerais qui existent en quantités non négligeable dans le site d'Ain Mimoun.

Abstract

Our work has been devoted to barite. We have shown its industrial importance globally and nationally. Its price varies from 110 to 1500 dollars according to its purity, China is the main producer in the world, and Algeria occupies 12th place in production. Our national barite requirement is 250,000 tonnes / year, while we produce 60,000 t / y. The majority of barite (~80%) is used in drilling mud for the petroleum industry. We have taken the Ain Mlila company as an example, this company ensures the production of almost 20 000 t / y. We followed the production, the various steps followed to produce the ore (from the extraction, the crushing, the jiguage, and until the conditioning). We used the FTIR analysis technique to characterize this barite, and also know the associated products. Finally, we presented the crystallographic data of rocks of barite, dolomite, quartz, ores that exist in significant quantities in the Ain Mimoun site.

لقد تم تكريس عملنا للباريت. أظهرنا أهميتها الصناعية على الصعيد العالمي . يتراوح سعرها بين 110 1500 دولار وفقا لنقاوتها، الصين هي المنتج الرئيسي في العالم، وتحتل الجزائر المرتبة 12 . متطلباتنا الوطنية من البارييت هي 250000 / سنة ، بينما ننتج 60000 / . تستخدم غالبية البارييت (~ 80) في طين الحفر للصناعات البترولية. لقد أخذنا شركة عين مليلة كمثال ، هذه الشركة تضمن إنتاج ما يقرب من 20000 / . (والسحق، وحتى تكييف). استخدمنا تقنية تحليل FTIR لتوصيف هذه البارييت ، وكذلك معرفة المنتجات المرتبطة بها. وأخيراً ، قدمنا البيانات البلورية لصخور البارييت ، الدولوميت ، الكوارتز ، الخامات الموجودة بكميات كبيرة في موقع عين ميمون.