

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Mémoire de fin d'études :

en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier

thème :

Projet d'ouverture et d'exploitation des réserves de baryte du filon n°3 de la mine de Ain Mimoun comprises entre les niveaux 1260 et 1300m (khenchela)

Réalisé par:

DIDI Tadjeddine

Dirigé par :

Mr.OMRACI Kamel

Promotion 2007

ملخص:

ان هذا المشروع ياتى لدراسة استمرارية الاشغال المنجمية من اجل استغلال معدن البارييت للأعرق رقم ٣ الكائن فى منطقة عين ميمون و هذا باستغلال مستويات غير مستغلة من قبل نظرا لصعوبة الاشغال، فى هذه الدراسة نحاول استعمال احسن طرق الفتح، الاستغلال و الاستخراج الممكنة لاستفادة اكيدة و ذات مردودية.

الكلمات المفتاحية: عرق، معدن، استغلال، فتح، تحتي، جيولوجيا، احكام، هدم، غرف و اعمدة.

Résumé :

Ce projet d'étude vient contribuer au prolongement des travaux miniers d'exploitation de la baryte du filon n°3 de la région de Ain Mimoun et cela en extrayant du minerai à des niveaux non exploités auparavant et ce à cause de la difficulté des travaux à réaliser, on va essayer dans cette présente étude d'utiliser les meilleures méthodes d'ouverture, d'exploitation et d'extraction possibles pour effectuer une exploitation sûre et rentable.

Mots clés : filon, minéral, exploitation, ouverture, souterrain, géologie, soutènement, abattage, chambres et piliers.

Abstract:

This draft study come to contribute to the prolongation of work of exploitation of barium in the seam number 3 of Ain Mimoun, while extracting ore from levels not exploited before because of difficulty of works, we will use the best method of opening, exploitation and extraction to carry out a sure and profitable exploitation.

Key words: seam, mineral, exploitation, opening, underground, geology, supporting, pulling down, rooms and pillars.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier ici les personnes qui, par leurs conseils et leurs encouragements ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

Je tiens à remercier tout spécialement ma mère pour son aide pendant la finalisation de ce projet.

Je remercie les amis qui m'ont soutenu pendant ce travail et durant mon cursus à l'école polytechnique.

Je remercie mes irremplaçables amis Khalil, Moh alias Jacky et Chafik le grand absent.

Enfin, au seuil de ce travail, j'ai l'obligation morale d'exprimer mes sentiments de gratitude et de profonds remerciements à tous ceux et celles qui ont apporté leur concours tout au long de mes études, de ma formation au sein de l'Ecole Nationale Polytechnique ainsi que durant la réalisation du présent travail.

Dédicaces

Ce travail est dédié principalement à mes parents qui m'ont tout donné et tout appris.

A toute ma famille qui m'a soutenu et qui m'a épaulé dans les moments difficiles.

A ma sœur Narymene et son mari Lamine et toute sa famille.

A tous mes frères et spécialement à Wassim.

A tous mes amis, et tous mes camarades.

A Jacky, Patch et Fadi avec qui j'ai passé cette année.

A tous ceux qui m'ont encouragé, soutenu, et aidé de près ou de loin.

A tous ceux pour qui je compte et qui comptent pour moi.....

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur la baryte	
1- Aperçu sur la baryte	2
1-1- Nom et étymologie de la baryte.....	2
1-2- Caractéristiques physico-chimiques.....	3
2- Domaines d'utilisation de la baryte.....	6
Chapitre II : Géologie du gisement	
1- Localisation et cadre géologique	8
2- Géologie	8
3- Le réseau routier	10
4- Historique et position économique de l'unité de Ain Mimoun	12
5- Structure géologique du gisement	12
5-1- Caractéristiques générales du gisement.....	12
5-2- Stratigraphie	14
5-3- Lithologie	15
5-4- Aspect structural du champ minier	18
5-5- Aspect morphologique du champ minier	18
5-6- Caractéristiques du filon n°3.....	19
6- Hydrogéologie du champ de Mizab	19
7- Conditions géotechniques	20
8- Pression des terrains	20
9- Minéralisation	21
10- Caractéristiques des tranchées	21
11- Caractéristiques des sondages	22
Chapitre III : Ouverture de la mine	
1- Introduction	24
2- Définition des catégories de réserves	24
3- Définition des limites de blocs de minerai.....	25
4- Historique des travaux réalisés	25
5- Réserves de minerai	26

5-1- Réserves de minerai par bloc du niveau 1300m à la surface.....	26
5-2- Estimation des réserves du niveau 1260m au niveau 1300m.....	28
6- Travaux d'ouverture.....	29
7- Choix du mode d'ouverture	29

Chapitre IV : Exploitation de la mine

1- Introduction	31
2- Choix de la méthode d'exploitation	32
3- Description de la méthode par chambres et piliers	33
4- Système d'exploitation utilisé	36
5- Exploitation du niveau 1330m à la surface.....	36
5-1- Découpage du niveau 1330 à 1300m	36
5-2- Travaux préparatoires	39
5-3- Dépilage	40
6- Soutènement de la mine	42
7- Exploitation du niveau 1260 à 1300m	43
7-1- Travaux d'exploitation du niveau 1260 à 1300m	43
7-2- Découpage du niveau 1260m à 1300m	44
7-3- Calcul des dimensions des piliers	46
8- Mesures de sécurité	49
9- Technologie d'abattage	50
9-1- Introduction	50
9-2- Volume abattu.....	50
9-3- Matériel utilisé.....	50
9-4- Consommation spécifique	50
9-5- Plan de tir des différents ouvrages	52
10- Chargement et transport	56
10-1- Chargement.....	56
10-2- Transport.....	56

Chapitre V : Aérage, exhaure et sécurité

1-Aérage.....	59
1-1-Aérage naturel	59
1-2-Aérage artificiel	60
2-Quantité d'air nécessaire	60
3- Quantité d'air en fonction de la quantité d'explosif	61
4- Capacité du ventilateur	62
5- Organisation des travaux.....	63
5-1-Régime de travail	63
5-2- Production journalière	63
6- Travaux auxiliaires	65
6-1- Exhaure	65
6-2- Electrification	65
6-3-Air comprimé	65
7- Hygiène et Sécurité	66
Conclusion générale.....	68
Bibliographies.....	70
Annexe.....	71

Liste des figures

Figure 1. Echantillon de la baryte de Ain Mimoun.....	6
Figure 2. Localisation administrative du gisement de Ain Mimoun (Khenchela).....	9
Figure 3. Accès au filon 3 du gisement.....	11
Figure 4. Coupe géologique d'après le profil V.....	13
Figure 5. Colonne lithostratigraphique du sondage S2-F3.....	16
Figure 6. Ouverture à flanc de coteau	29
Figure 7. Exploitation par chambres et piliers	35
Figure 8. Découpage et dépilage du niveau 1300m à la surface.....	41
Figure 9. Soutènement par boisage.....	42
Figure 10. Découpage et dépilage du niveau 1260m à 1300m	45
Figure 11. Pression des terrains dans une exploitation par chambres et piliers.....	48
Figure 12. Plan de tir d'une galerie.....	52
Figure 13. Plan de tir des cheminées et descenderies.....	53
Figure 14. Plan de tir d'une tranche ou niche.....	54
Figure 15. Wagon tiré par un locotracteur.....	57
Figure 16. Estacade de déchargement.....	58

Liste des tableaux

Tableau 1- Caractéristiques physico-chimiques de la Baryte	3
Tableau 2- Caractéristiques des tranchées	21
Tableau 3- Caractéristiques des sondages	22
Tableau 4- les réserves en tout venant.....	23
Tableau 5- les réserves de minerai par bloc du niveau 1300m à la surface.....	25
Tableau 6- Caractéristiques des explosifs	51
Tableau 7- caractéristiques du plan de tir d'une galerie.....	52
Tableau 8 : caractéristiques du plan de tir d'une cheminée.....	52
Tableau 9 : caractéristiques du plan de tir d'une niche.....	52
Tableau 10- paramètres de chargement et de transport	57
Tableau 11- paramètres de rendement par poste	58
Tableau 12- Récapitulatif économique.....	64

Introduction générale :

Il n'y a pas de doute que l'homme a toujours eu recours dans ses différents besoins quotidiens à des minéraux sous une forme ou une autre, l'extraction de ces minéraux a été confiée à l'industrie minière puisqu'elle répondait aux exigences techniques et technologiques de recherche, extraction et traitement.

L'une de ces industries minières est la société SOMIBAR (société des mines de Baryte d'Algérie) créée le 01/01/2001, elle 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.

L'exploitation des mines pose de nombreux problèmes, et fait donc intervenir de nombreux domaines des sciences qui l'ont fait avancer et développer.

La présente étude vient contribuer plus ou moins au développement et à la continuité des travaux d'exploitation et d'extraction de la baryte du filon n°3 de la région de Ain Mimoun et ce en exploitant des niveaux non encore exploités à cause de leurs profondeurs et de la difficulté des travaux à réaliser, et cela en utilisant les méthodes adéquates et sûres pour une exploitation rentable.

Dans ce travail on va d'abord avoir dans le premier chapitre un aperçu sur la baryte et son utilisation dans notre vie quotidienne, ensuite dans le deuxième chapitre nous parlerons de la géologie du gisement et de ces caractéristiques. Dans la troisième partie nous allons essayer de choisir et d'étudier le meilleur mode d'ouverture pour accéder au filon, puis dans le quatrième chapitre, qui sera le plus important du mémoire nous allons étudier les meilleures méthodes de découpage, de dépilage et d'exploitation du niveau 1260m à 1300m, on y étudiera aussi les différents travaux (abattage, extraction,...) et les moyens de transport et de chargement. Pour les travaux d'aération, d'exhaure et de sécurité ils seront détaillés dans le dernier chapitre. Enfin on terminera par une conclusion qui résumera le travail réalisé, les méthodes et les difficultés rencontrées.

Chapitre I :
Généralités sur la baryte

1- Aperçu sur la baryte :

La Baryte est un de ces minéraux intensivement exploités qui fit la richesse de beaucoup de régions dans le monde de par ses applications très diverses.

1-1. Nom et étymologie de la baryte :

Elle a reçu son nom à cause de son poids très élevé, baryte vient du grec "*barys*" = lourd. Le nom allemand "*Schwerspat*" est né de la même manière. Sa densité élevée est proche de celle de certains minerais de fer ou de plomb, tels l'hématite ou la galène.

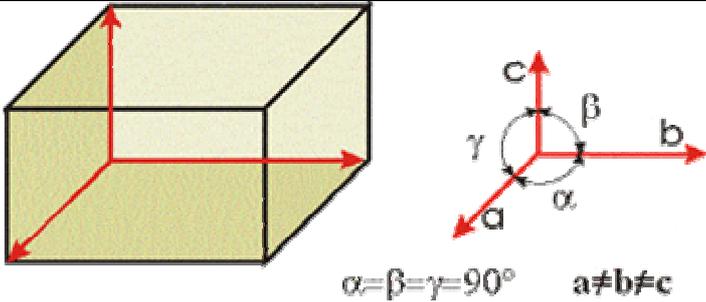
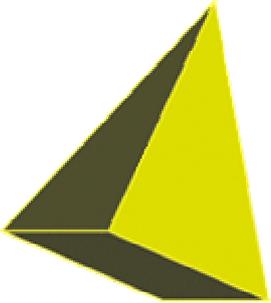
On la connaît depuis le temps des premières exploitations minières car on la trouve en abondance dans les filons. On l'a considérée longtemps comme une gangue sans valeur, bien que dès le Moyen Age, les alchimistes s'y soient intéressés. L'alchimiste et maître cordonnier italien Vincenzo Cascariolo,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

On trouve la barytine dans les filons de basse température avec fluorine, blende, galène et sulfosels de plomb, ainsi qu'en lentilles dans les calcaires, comme ciment dans les grès et arkoses, et dans les sources thermales. D'importants gisements de barytine se situent dans des paleokarsts, à l'interface entre socle et couverture sédimentaire.

1-2. Caractéristiques physico-chimiques de la Baryte :

Les principales caractéristiques de la baryte sont données dans le tableau 1 :

Tableau 1 : caractéristiques de la baryte

<h2>Caractéristiques physico-chimiques</h2>	
Composition chimique	BaSO_4
Sulfate de Baryum	
Classe minéralogique	Sulfates
Système cristallin	Orthorhombique
 <p style="text-align: center;">$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ $a \neq b \neq c$</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	La Barytine se cristallise dans le système orthorhombique et forme habituellement des cristaux plutôt plats 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. Souvent ces cristaux sont lenticulaires et groupés en rosettes, les prétendues rosettes de barytine.
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 luminescente.
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. Elle se dépose également dans certaines sources chaudes.</p> <p>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 "<i>wolnyn</i>" certaines variétés de cristaux en colonne, qui se différencient quelque peu de l'évolution normale des cristaux.</p>

2. Domaines d'utilisation de la baryte :

La baryte ou barytine est le minerai de baryum le plus important, la baryte est insoluble dans l'eau et dans l'acide chlorhydrique (HCl) et peu soluble dans l'acide sulfurique.

Comme propriétés physiques la baryte ne peut être traversée par les rayons x utilisés dans la radioscopie.

La barytine est utilisée dans plusieurs domaines pour sa couleur blanche stable, elle est utilisée :

- pour fabriquer des colorants. On en fabrique une peinture blanche non toxique, résistante à l'action de nombreux agents chimiques.

- dans la céramique.

- dans l'optique et la médecine.

Un échantillon de baryte est donné en figure 1 ci après.



Figure 1. Echantillon de la baryte de Ain Mimoun

Mais la plus grande consommatrice de baryte est :

-l'industrie pétrolière et plus spécialement les forages ou elle est utilisée pour sa densité très importante, elle fait partie de la composition de la boue de forage, essentielle pour le forage des puits.

Les principaux producteurs sont les Grande-Bretagne, la Grande-Bretagne de l'Ouest (Meggen en Westphalie), l'Angleterre et la Russie. Dans l'industrie on utilise plutôt la barytine grossière, mais la baryte cristallisée est plus intéressante du point de vue minéralogique et pour les collectionneurs. On trouve cette dernière dans le Cumberland en Grande-Bretagne, à Baia Sprie en Roumanie, à Freiberg en Saxe et en ex Tchécoslovaquie.

Chapitre II :
Géologie du gisement

1-Localisation et cadre géologique :

Le gisement de MIZAB (Ain Mimoun) est situé dans la wilaya de Khenchela à l'Est de l'Algérie (figure2). Le gisement barytique se situe à 26km au SW du chef lieu de la wilaya de Khenchela dont il est lié administrativement et à 96km au SE de la wilaya de Batna.

Le réseau fluvial et hydrographique est relativement dense du fait que la région est montagneuse et fortement accidentée avec des sommets qui dépassent les 200m.

Le réseau est composé d'oueds et de cours d'eaux à activité très importante surtout pendant la période hivernale et en période de fort régime pluvial.

Les plus importants oueds sont : oued Boussenanne et oued Ibikène avec des versants rapides et des dépassements relatifs qui atteignent souvent 500-700m.

Le climat de la région est nettement continental marqué par un hiver froid humide et un été chaud très sec, l'écart saisonnier en température est en moyenne de 15°C à 20°C.

Le tapis végétal est très dense, formé de vastes et denses forêts, les habitants à leur tour jouent un rôle important dans le développement de l'agriculture (arbres fruitiers).

2. Géologie régionale :

Les Aurès forment la chaîne montagneuse qui sépare les hautes plaines constantinoises de la plate forme saharienne, région nettement individualisée elle est la plus élevée du nord de l'Algérie (djebel Chelia 2328m), vers l'Est et sans coupure les monts de Nemenchas font la suite géologique des Aurès.

Le secteur du gisement occupe l'extrême SW de la carte de Khenchela (1/50000).

Le gisement barytique de MIZAB se localise dans la partie orientale des monts des Aurès, sur l'anticlinal de Khenchela (djebel Aidel, dernier maillon de la chaîne des Aurès vers l'Est) de direction atlasique (NE-SW).

Le gisement est considéré comme un champ filonien assez important formé de 24 filons de barytine.

Généralement ces filons se positionnent sur des failles normales ou des décrochements de direction NE-SW et rarement NW-SE et cela selon les études quantitatives des failles du secteur.



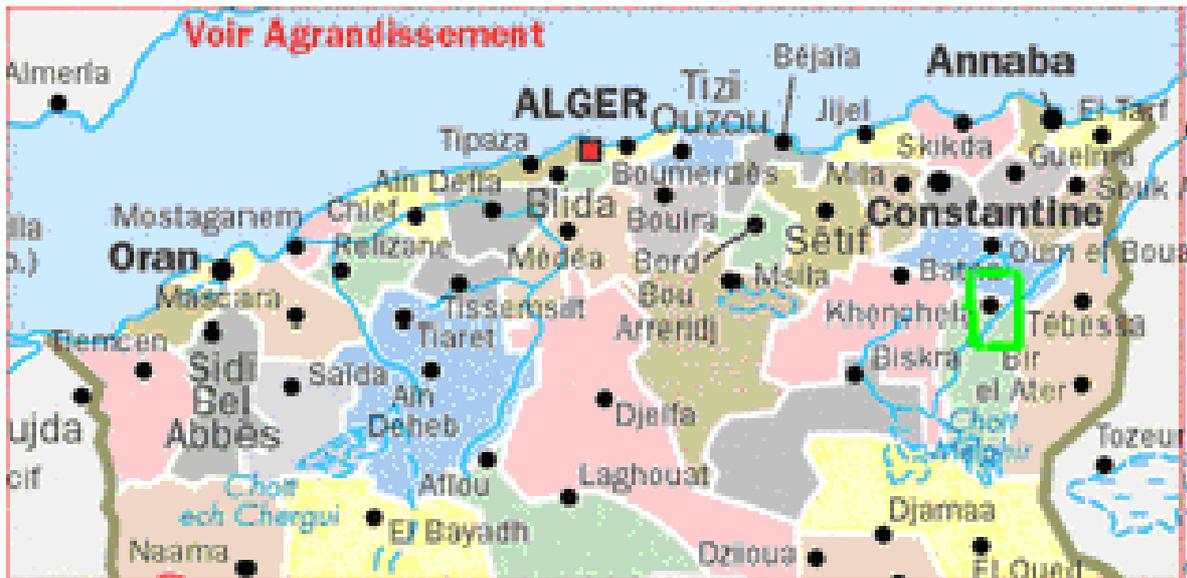


Figure 2. Localisation administrative du gisement (Khenchela)

3. Le réseau routier :

On peut accéder au village de Ain Mimoun par une route goudronnée, liée à la route nationale n°5 reliant Batna à Khenchela, longue d'environ 9km comme l'indique la figure 3.

La région du gisement se trouve dans la partie orientale des montagnes des Aurès sur les flancs septentrionaux de l'anticlinal de Khenchela et se caractérise par un relief montagneux typique avec une dénivelée de 500 à 700m par des pentes rapides.

L'altitude des filons varie entre 1207m et 1015m.

La figure 3 nous montre le plan d'accès au filon n°3 et la localisation des oueds.

4. Historique et Position économique de l'unité de Ain Mimoun :

Le gisement barytique de MIZAB a été découvert en 1968 par les spécialistes soviétiques affectés à la base "B" par la SONAREM, pendant l'accomplissement des travaux géologiques de révision de l'indice de cuivre dans la région de l'anticlinal de Khenchela. Les travaux spéciaux de recherche suivant les filons barytiques avec évaluation des réserves ont été réalisés en 1970 et en 1971. On a commencé l'exploitation des filons 1,2 et 3 à ciel ouvert.

L'unité de Ain Mimoun est actuellement la seule mine dans la wilaya de Khenchela, cette unité emploie environ 300 personnes originaires pour la plus part de Khenchela, Kais et El-hama. L'industrie dans la région est peu développée.

La particularité du gisement MIZAB consiste en ce que tous les filons sont situés à une altitude considérable, le transport du personnel et du minerai pendant la période hivernale est très difficile à cause des pluies fréquentes et des chutes de neige.

5. Structure géologique du gisement :

5.1. Caractéristiques générales du gisement :

L'exploitation du gisement concerne le minerai de baryte sous forme d'un sulfate.

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 sous forme de grains isométriques.

La reconnaissance du gisement a été faite selon la procédure suivante :

- la maille utilisée pour les tranchées est de 40 à 80m de longueur
- les sondages sont de 60 à 120m de profondeur
- longueur du filon : 450m
- profondeur du filon : 50 à 120m
- puissance : varie de 0,7m à 5,2m
- pendage du filon SE : 28° à 32°
- teneur en BaSO₄ varie de 60,5% à 98,5%
- teneur en SiO₂ est en moyenne de 3,2%

La figure 4 nous montre une coupe du filon n°3 d'après un sondage effectué pratiquement au centre du gisement.

5-2. Stratigraphie :

Les séries stratigraphiques rencontrées dans la région du gisement de MIZAB sont comme suit :

-Barrémien : affleurement dans le sud de la charnière de l'anticlinal, c'est des grès quartzeux blancs à intercalation de lits calciques, de dolomies et d'argilites.

-Aptien inférieur : puissance de 80m de grés avec de fréquents petits lits de marne et de calcaire.

-Aptien moyen se divise en deux assises :

Assise inférieure : 120m de calcaire alternant avec des marnes.

Assise supérieure: 600m de dolomies massives avec des petits lits de marnes et de calcaires.

-Aptien supérieur se divise à son tour en deux assises :

Assise inférieure : 90m de grés quartzeux, de marne et de calcaire

Assise supérieure : dolomies massives avec des lits de calcaires

-Albien inférieur : 70m d'argilite, grés et marnes avec des bancs de calcaires et de dolomie.

-Albien moyen : 80m de faciès plus ou moins carbonaté présenté par des argilites avec une prédominance de calcaire et d'argile.

-Albien supérieur : 100m de calcaire dolomitisé et de dolomie avec des petits lits de marne et de grés.

-Cénomaniens inférieur : ces dépôts affleurent au NW extrême du champ minier, c'est un faciès marneux sur 300m renfermant des passages de petits bancs de calcaire marneux.

-Cénomaniens supérieur : 400m d'épaisseur, remplacement rapide des marnes par les calcaires avec des passages marneux bien apparents.

-Néogène : les dépôts néogènes sont représentés surtout par le faciès miocène qui est manifesté par des argiles rougeâtres et des conglomérats massifs de l'aquitainien.

-Quaternaire : épaisse de plus de 10m, rencontrée partout comprenant des argiles et des alluvions dans les vallées.

5-3. Lithologie :

Afin de prospecter et d'estimer le filon n°3 en profondeur, des sondages carottants ont été réalisés. On va choisir pour notre étude le sondage S2-F3 car il est profond et passe par les niveaux inférieurs à 1300m.

Ce sondage est réalisé pour augmenter les réserves du filon n°3, aussi pour confirmer sa continuité vers la partie orientale.

Il est situé à 50m à l'Est du sondage S1-F3

Ses coordonnées sont : X=891850.481, Y=243404.264, Z=1382.680.

Les travaux de foration ont été entamés le 11/03/2006 et ont été terminés le 25/03/2006, on a atteint une profondeur de 120m.

Les principaux résultats de ce sondage sont les suivants :

- la récupération totale est de 80,42%.
- la récupération dans les roches encaissantes est de 92,33%.
- la récupération dans la zone filonienne est de 100%.
- le faciès des roches encaissantes est formé comme suit :
 - Environ 8,2m de dépôts récents d'alluvions avec des argiles abondantes.
 - De 8,2 à 20,5m : association argile gréseuse avec de rares bancs de calcaire.
 - On passe à des marnes argileuses de teintes noires.
 - De 35 à 113,30m on a des calcaires marneux
 - Vers 113,30 : on atteint notre but, la caisse filonienne est formée de baryte blanche, massive tabulaire avec de rares et de fines intercalations de marnes noires (stérile).
 - Finalement et jusqu'à 120m c'est des marnes avec de la baryte puis des calcaires compacts.

Le log ci-dessous (Figure 5) qui représente la lithostratigraphie du sondage S2-F3 a été élaboré en se basant sur l'observation et l'analyse des carottes qui totalisent environ 15 caisses.

5-4. Aspect structural du champ minier :

La phase alpine ou atlasique à contraintes compressives orientées NW-SE est la génératrice des structures plissées qui forment la chaîne des Aurès et leur donnant ainsi une direction NE-SW.

En parallèle de la genèse des plis, les structures disjonctives (faille normale, faille inverse et décrochement) ont pris naissance lors de cette phase tectorogénique.

L'anticlinal de Khenchela est affecté par plusieurs failles de différentes directions (EW, NE-SW, NW-SE, NNE-SSW), il s'élève en gradins vers le SW par le jeu de plusieurs failles.

Le pendage des strates sédimentaires varie des flancs vers le cœur de l'anticlinal (5 à 75 degrés) et ceci est dû aux plissements et aux failles qui jouent un rôle important dans la variation du pendage.

Le contexte tectonique du gisement est marqué par les failles transversales de flexure, tous les filons se mettent sur des failles normales de direction EW, NE-SW, ENE-WSW et rarement NW-SE.

Le plongement des filons varie de 28 à 85 degrés vers le NE, S ou SW.

5-5. Aspect morphologique du champ minier :

Le contact filon-roche est :

- bréchtique si les roches sont tendres (marnes, grés marneux ou calcaires marneux).
- bien net si les roches sont des calcaires, dolomies ou grés consolidés.

L'épaisseur des filons est :

- de 1 à 3m dans les séries encaissantes les plus marneuses.
- inférieure à 1m (faible épaisseur) dans les calcaires et les dolomies.

La longueur et la forme des filons varient selon la nature de l'encaissant :

- dans les séries marneuses, les filons sont un peu courbés et peuvent s'enfoncer en profondeur.
- dans les séries les plus carbonatées, les filons sont de forme droite et généralement accidentée (des accidents poste minéralisation).
- les filons barytiques terminent vers l'extrémité, soit en biseautant soit en fourche.

5-6. Caractéristiques du filon n°3 :

Le filon 3 se trouve dans la partie NE du champ minier, à une distance de 6,5km de la plate forme industrielle de la mine, il s'étend sur 450m et observe une profondeur de 120m. Par son gîte le filon traverse les roches de marne, de calcaire et de grés et il plonge au SE avec un angle de 28°-32°. La puissance du filon varie de 0,7 à 5,2m.

C'est un gisement de type filonien d'origine hydrothermale et d'âge crétacé supérieur.

La formule chimique de la barytine est $BaSO_4$

Teneur en BaO : (65,7%)

Teneur en SO_3 : (34,3%)

Dureté de la baryte : 3 à 4

Dureté des roches encaissantes : 4 à 7

Densité moyenne des roches encaissantes : 3,8 t/m³

Roches encaissantes : carbonates, grés, argiles et marnes

Minéraux associés : Si, Pb, Zn, Cu, Hg et le Fe

Pour déterminer les caractéristiques du filon n°3, des tranchées d'une maille de 40 à 80m ont été creusées et des sondages d'une profondeur de 60 à 120 m d'où ont été déterminées les caractéristiques suivantes :

- Longueur du filon : 450 m
- Profondeur du filon : 60 à 120m.
- Puissance change de 0,7 à 5,2 en moyenne : 2,3 m
- Pendage du filon sud- est : 28°à 32°.
- Teneur en $BaSO_4$ varie de 60,50% à 98,5% en moyenne : 90,78%, SiO_2 :3,2 %.

6. Hydrogéologie du champ de Mizab :

Les conditions hydrogéologiques du site minier sont assez simples, on distingue :

- les eaux de fissures-bancs dans les dépôts carbonatés.
- les eaux de fissures-filons dans les accidents tectoniques.
- les eaux de fissures-sols qui sont rares.

La venue d'eau maximale dans la galerie principale est d'environ 100m³/jour à 200m³/jour lors des pluies torrentielles.

7. Conditions géotechniques :

Les contacts des filons avec les roches encaissantes sont brusques et assez droits. Dans le contact, les roches encaissantes sont représentées par des brèches avec un ciment barytique, la structure inférieure du filon est assez simple, les filons représentent des agrégats mono-minéraux de baryte parfois avec des intercalations de roches. Les roches encaissantes et le minerai sont généralement persistants sauf dans les lieux où le filon passe par des marnes dans ce cas les roches du toit sont affaiblies. Le coefficient de solidité des roches encaissantes est de 3 à 5 (échelle de Mohs).

8. Pression des terrains :

L'évaluation de la stabilité du contour se fait habituellement, pour 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.

- ❖ Contrainte principale agissante suivant la direction verticale.

$$\sigma_z = \gamma \times H$$

γ : densité moyenne du massif des roches.

H : La profondeur à partir de la surface de la terre.

- ❖ Contrainte principale agissant sur la direction horizontale

$$\sigma_H = K \times \sigma_z = k \times \gamma \times H$$

$$K = \lambda / (1 - \lambda)$$

K : coefficient de la poussée latérale des terrains au repos

λ : coefficient de poisson

9. Minéralisation :

Outre la barytine on rencontre plusieurs indices comme minerai de cuivre, le plomb, le mercure, le quartz, la calcite...etc.

Barytine($BaSO_4$) : sous forme de cristaux incolores et parfois blancs, jaunes ou bleus, tabulaires grossiers donnant des agrégats à structure fibreuse .

Calcite ($CaCO_3$) : minéral abondant dans les zones karstiques.

Quartz (SiO_2) : gris sous forme de séparation allotriomorphe se développant dans les contacts des filons ou bien sous forme de cristaux prismatiques dans la masse barytique.

10- Caractéristiques des tranchées :

Le tableau 2 résume les teneurs en minerai, l'angle de pendage et les épaisseurs du filon 3 d'après chaque tranchée.

Tableau 2 : teneurs, épaisseurs et angle de pendage du filon 3 d'après les tranchées.

N°de tranchée	Teneur en %		Angle de pendage (α) en °	Valeur de $\cos \alpha$	Epaisseur verticale (m) (Ev)	Epaisseur Réelle (m) (Er) en m
	BaSO ₄	SiO ₂				
Tranchée 51	96,98	1,61	30	0,86	1,7	1,5
Tranchée 52	87,5	--	28	0,88	1,7	1,5
Tranchée 53	90,82	--	30	0,86	4,5	3,9
Tranchée 54	92,06	--	30	0,86	3,1	2,9
Tranchée 55	95,45	2,59	28	0,88	0,4	0,3
Tranchée 56	58,5	26,50	28	0,88	0,9	0,8
Tranchée 57	97,2	1,52	28	0,88	2,4	2,1

$$\diamond Er = Ev \times \cos \alpha$$

11. Caractéristiques des sondages :

Le tableau 3 détermine la teneur en minerai l'angle de pendage et la puissance du filon d'après les sondages.

Tableau 3 : teneurs, puissances et angle de pendage du filon 3 d'après les sondages.

N° du sondage	Teneur en %		Angle de pendage (α) en °	Valeur de $\cos \alpha$	puissance verticale (m) (Ev)	puissance Réelle (m) (Er)
	BaSO ₄	SiO ₂				
Sondage 27	86,59	3,94	30	0,86	6,0	5,2
Sondage 28	60,5	6,70	28	0,88	0,8	0,7
Sondage 30	96,10	0,74	30	0,86	1,6	1,4
Sondage 31	92,02	1,51	30	0,86	5,3	4,6
Sondage 32	84,26	7,52	28	0,88	2,0	1,8
Sondage 33	94,8	0,58	28	0,88	1,1	1,0
Sondage 44	80,16	9,75	30	0,86	2,0	1,7
Sondage 46	86,87	2,44	30	0,86	1,5	1,3
Sondage 47	83,37	8,80	30	0,86	3,8	3,3
Sondage 51	92,18	1,16	30	0,86	0,5	0,4

Le tableau 4 détermine les productions en tout venant et en produits commercialisés de 1973 à 2004.

Tableau 4 : production en tout venant et produits commercialisés de 1973 à 2004.

Année	T.V Traité	Baryte de forage
1973	51319	40337
1974	38196	30022
1975	54834	43100
1976	40729	32013
1977	12580	9888
1978	51654	40600
1979	53850	42326
1980	49786	39132
1981	49818	39157
1982	51253	40285
1983	49188	38662
1984	12007	9438
1985	40050	26002
1986	47590	29092
1987	37300	17705
1988	26250	11864
1989	32818	18978
1990	30308	15650
1991	24859	12356
1992	38409	12021
1993	26049	11820
1994	10215	10436
1995	18113	13818
1996	26164	13052
1997	24678	13480
1998	29786	12240
1999	33206	14226
2000	33170	14672
2001	20244	12441
2002	38000	20000
2003	36000	19000
2004	35500	18000
TOTAL :	1130923	721813

Chapitre III

Ouverture de la mine

1- Introduction :

Il existe différents cas de figure pour atteindre le gisement à exploiter et permettre l'évacuation des produits. Si le gisement possède une couche de morts-terrains pas très épaisse, on pourra exploiter à ciel ouvert.

Si le gisement est situé au flanc d'une montagne ou d'une colline surplombant une vallée, il peut être atteint par des galeries à flanc de coteau et son exploitation se fera en souterrain.

Par contre, si le gisement n'affleure pas du tout ou n'affleure pas dans de bonnes conditions il faudra creuser (on dit foncer) des puits afin de l'atteindre. C'est la solution la plus coûteuse pour l'exploitation. Les deux solutions peuvent aussi se combiner.

Les travaux préparatoires des mines en gisements filoniens ou en amas présentent des particularités en terme d'ossatures des travaux. En effet, l'emploi de puits inclinés et de galeries à flanc de coteau y est plus fréquent. Les puits inclinés permettent de suivre le gisement au mur et de réduire ainsi l'importance des travers-bancs.

2- Définition des catégories de réserves :

A part quelques exceptions, les réserves reconnues des mines non sédimentaires, ne présentent que des tonnages faibles, ce qui explique la vie réduite de la plupart de ces mines (10 à 20 ans pour beaucoup d'entre elles).

De plus, les cours de minerais subissaient des hausses et des baisses alternatives, dont l'amplitude était parfois considérable. Les périodes de crise, lorsqu'elles n'entraînaient pas la fermeture de la mine, conduisaient à n'exploiter que les meilleures parties du gisement et à arrêter les travaux de reconnaissance et les travaux préparatoires.

D'après le degré de prospection trois catégories de réserves se distinguent : B, C₁, C₂.

- Les réserves de la catégorie B :

C'est les réserves prospectées par les travaux miniers (galerie, cheminées,etc.) et par les sondages d'après une maille de 50 x 50 m.

- Les réserves de la catégorie C1 :

C'est les blocs prospectés par des sondages d'après une maille de 100 à 200x 50 à 80m.

- Les réserves de la catégorie C2 :

Sont limitées par les tranchées en surface et par l'extrapolation en profondeur.

3- Définition des limites de blocs de minerai :

Les conditions exigées par l'entreprise pour l'exploitation sont :

Teneur minimale exploitable : 40%

Epaisseur minimale exploitable : 0,7m

Densité minimale exploitable : 3,6t/m³

4- Historique des travaux :

L'exploitation du minerai a été initialement à ciel ouvert en 1971 puis souterraine.

Pour les travaux à ciel ouvert, l'exploitation s'effectuait sur des affleurements des filons et d'autres indices (apophyse).

La découverte dans la carrière s'effectue directement de la surface par des tranchées à deux bords, la longueur minimale des tranchées au fond est de 6 à 12m. l'exploitation se fait par gradins d'une hauteur de 5m, l'angle de talus actif est de 60°, le mode d'exploitation et de transport et de déplacement des roches de la découverte se fait par des camions basculants. L'exploitation des gradins s'effectue à partir de la lèvre supérieure vers la lèvre inférieure. La foration des gradins s'effectue par des sondeuses à percussion pneumatique (CRAWLAIR) avec un diamètre de trou de 78 à 80mm. Le chargement de masse abattue s'effectue par les chargeuses à chenilles. Pour le déblayage de la plate forme du gradin et pour le transport de minerai vers la chargeuse ainsi que pour le nettoyage du sol, on utilise des Bulldozers.

Le transport des roches de découverte jusqu'aux terrils et la livraison du minerai à l'usine de traitement s'effectue par des camions basculants, les terrils extérieurs se trouvent près de la carrière à une distance de 280m.

Pour les travaux souterrains, l'accès au filon est réalisé par une galerie au jour en direction ou perpendiculaire au rocher, et ceci suivant la description du filon et les conditions topographiques.

Situé à 6,5 km à l'Est de l'usine de traitement, le filon 3 a été découvert par neuf tranchées tous les 50m en surface et quatorze sondages en profondeur qui ont été forés tous les 70m.

Durant la période de 1972-1986 on a eu recours à des travaux à ciel ouvert et où on a extrait 195000 t de minerai barytique dans la partie centrale de la carrière.

Après la fin de l'extraction à ciel ouvert, le filon au niveau 1330m est resté divisé en deux parties partie Est et Ouest.

5- Réserves de minerai :

5-1-Réserves de minerai par bloc du niveau 1300m jusqu'à la surface :

Dans la partie Est, la distance moyenne en aval de la surface jusqu'au niveau 1330m est de 15m, la puissance étant près de 2m, les réserves de cette partie est de 15000t avec une teneur de 84,5%.

Dans la partie Ouest, le filon s'étend sur 110m, la distance en aval jusqu'à la surface est de 13m, la puissance étant de 1,5-3,5m les réserves de cette partie sont de 20000t avec une teneur de 78,1%.

Au niveau 1300m, le filon s'étend sur 250m, la puissance est de 2 à 3m, les réserves de l'étage 1300-1330m sont de 148000t avec une teneur moyenne de 88,4%.

Ainsi, les réserves du filon 3 de la surface jusqu'au niveau 1300m sont de 183000t avec une teneur moyenne en BaSO_4 de 86,4%.

Compte tenu des réserves qui pourront être abandonnées plus bas que le niveau 1300m, les réserves de bilan du filon 3 à exploiter par la méthode souterraine seraient de 171500 t avec une teneur de 87,0%.

Le tableau 5 nous donne les réserves de minerai par bloc du niveau 1300m à la surface.

Tableau 5 : réserves de baryte de la surface au niveau 1300m

	Bloc	Réserves (t)	Puissances (m)	Teneur (%)
De la surface jusqu'au niveau 1330m	1	1000	1,0	84,5
	2	4000	2,0	84,5
	3	5800	2,0	84,5
	4	4700	1,7	84,5
	5	3800	1,8	78,1
	6	5700	1,8	78,1
Total		29000	1,8	81,8
De 1330m a 1300m	1	1000	1,5	89,0
	2	4000	1,5	87,3
	3	7000	1,5	84,1
	4	25000	4,0	85,5
	5	25000	4,0	87,5
	6	15100	1,9	90,9
	7	11200	1,6	90,9
	8	13000	2,0	90,9
	9	16200	2,5	89,6
	10	25000	4,2	88,3
Total		142500	3,07	88,4
Total filon 3		171500	2,8	87,0

5-2- Estimation des réserves géologiques de minerai par bloc du niveau 1260m au niveau 1300m :

Le filon en dessous du niveau 1300m s'étend seulement dans sa partie Est sur une distance de 120m, cette partie du filon va être découpée en sept blocs, les réserves sont près de 17000t avec une teneur de 80%.

6- Travaux d'ouverture :

C'est l'ensemble des ouvrages principaux d'accès aux différentes parties du gisement. Ces ouvrages demandent des travaux qui exigent de grands investissements initiaux et ils sont utilisés presque à plein temps (avec le transport, l'aération, l'exhaure,...).

L'accès au filon nécessite la création de liaison entre l'activité d'extraction du filon avec l'usine de traitement, cette liaison est assurée par la préparation des pistes pour atteindre le chantier.

Au niveau de l'ouverture il y a la préparation des plates – formes, la construction des trémies pour le stockage des roches abattues et de la salle des ouvriers.

Pour les travaux d'ouverture du filon 3 du gisement de Ain Mimoun, on a opté pour l'ouverture par flanc de coteau c'est une galerie horizontale au jour au niveau 1330m, d'une longueur de 240m avant de couper le filon d'une section de 7,2m², on a choisi ce mode à cause de l'importante profondeur du filon et de son pendage.

7- Choix du mode d'ouverture :

L'ouverture d'un filon consiste au choix du type, 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 creusée dans le stérile pour atteindre notre filon .C'est la méthode d'ouverture appelée flanc de coteau comme nous le montre la figure 6.

La galerie principale est creusée au rocher avec une section de 7,2m², et avec une longueur totale de 240m.

A l'entrée de la galerie, au niveau 1300m, on prépare une plate forme de travail avec une estacade de déchargement.



Figure 5. Ouverture à flanc de coteau

Les galeries et travers bancs :

On distingue les galeries des travers bancs. Les galeries servent directement à l'exploitation du gisement. En général pour exploiter un gisement on creuse une galerie de tête la plus haute et une galerie de base la plus basse. Le gisement est découpé en panneaux entre ces deux galeries et délimités par des galeries transversales les joignant. Ces galeries transversales permettent d'atteindre le front de taille mais aussi d'organiser l'aérage, c'est-à-dire la circulation de l'air dans les travaux. La galerie de base permet également l'évacuation des produits abattus (le déblage) vers le roulage qui les emmènera ensuite vers le puits d'extraction. Les galeries peuvent être taillées dans le produit exploité (charbon, minerai) en général ou au rocher de part et d'autre de la couche. La galerie de roulage détermine le niveau de la recette du puits. L'ensemble des travaux qui permettent la délimitation d'un panneau s'appelle les travaux préparatoires. Ils sont bien sûr fondamentaux.

Les travers bancs sont presque toujours creusés au rocher ; ils permettent la liaison entre le ou les puits et le gisement exploité (galerie de roulage). En effet en général les puits sont foncés non dans le gisement mais à l'extérieur dans le rocher. Un puits creusé dans le charbon par exemple, entraîne une perte de l'exploitation puisqu'il faudra maintenir autour du puits une zone non exploitée dite stot de sécurité (de tels stots sont obligatoires sous les zones habitées, les routes, les chemins de fer...).

Le même raisonnement vaut pour les mines exploitées à flanc de coteau. Dans ce cas les travers bancs débouchent directement au jour à flanc du coteau, il est obligatoire d'avoir au moins deux débouchés au jour (2 puits ou 1 puits et 1 débouché à flanc de coteau par exemple).

Pour relier les différents niveaux d'exploitation entre eux (on parle aussi d'étage) la liaison peut se faire soit par le puits, soit par un bure soit encore par plan incliné.

Chapitre IV :

Exploitation de la mine

1- Introduction :

L'exploitation d'un gisement dans les profondeurs de la terre nécessite des infrastructures spéciales:

Un réseau de puits et de galeries communiquant avec la surface et permettant la circulation du personnel, le transport du matériel et du minerai. On accède au fond par un puits d'extraction, duquel partent des galeries menant aux chantiers. Les différents niveaux d'exploitation sont reliés par des galeries appelées plans inclinés. Toutes les excavations souterraines doivent être desservies par des systèmes d'aérage (amenée d'air frais et évacuation d'air vicié), d'alimentation en électricité, en eau et en air comprimé, d'exhaure, de roulage et de communications.

L'exploitation proprement dite représente une étape très importante dans la vie d'une mine.

En effet tout gisement passe, dans sa mise en valeur par cinq étapes importantes :

- Exploration, prospection.
- Projection, développement.
- Construction de l'usine et ouverture.
- L'exploitation et extraction.
- Liquidation et fermeture.

L'exploitation est caractérisée surtout par sa technique de production, c'est-à-dire la méthode à utiliser pour le défilage, qui peut varier plusieurs fois dans un même gisement, ceci est due au fait qu'elle dépende des facteurs suivants :

- La profondeur du gîte
- La forme du gîte
- Les caractéristiques physico-mécaniques du minerai et de la roche encaissante.
- L'hydrologie du sol.

2- Choix de la méthode d'exploitation :

Les méthodes utilisées par les mines en gisements pentés et filoniens sont variées et spécifiques. La méthode d'exploitation choisie est commandée par la nature du gisement et par des considérations techniques (prix de revient, taux de récupération du minerai, sécurité).

Le choix de la 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 du gîte.
- Prix de revient bas d'extraction du minerai.
- Bonne productivité du travail.
- Pertes et dilution minimales du minerai.
- La puissance, le pendage et l'irrégularité de la formation.
- La dureté, les propriétés mécaniques du minerai et la nature des épontes.
- Les variations des teneurs.
- La stabilité de la couronne.
- L'importance du gisement.

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

En se basant sur les propriétés du minerai et des roches encaissantes, le pendage des filons qui varie de 28°-32°, ainsi que des possibilités techniques de la mine, la méthode retenue par les ingénieurs de Ain Mimoun pour les niveaux au dessus de 1300m est :

- Chambre et piliers.

L'avantage de cette méthode consiste dans la récupération rapide du minerai et une meilleure sécurité mais l'inconvénient est le volume important des travaux préparatoires.

Cette méthode d'exploitation est possible pour les raisons suivantes :

- Rapidité et facilité dans la récupération du minerai.
- Meilleure sécurité.
- Meilleure rentabilité.

3- Description de la méthode par chambres et piliers :

Le défilage par chambres et piliers est sans doute la plus vieille méthode utilisée par l'homme dans l'exploitation souterraine, les ruines de vieilles mines romaines en sont le meilleur témoin. Dans l'expression chambres et piliers, on appelle chambres, les galeries tracées qui séparent les piliers. Le terme de chambre désigne une excavation souterraine dont les parois délimitent le volume occupé par le minerai enlevé.

La méthode chambres et piliers consiste à creuser un réseau de galeries se recoupant perpendiculairement, suffisamment proches les unes de autres pour extraire une proportion substantielle du gisement, et ne laissant que les "piliers" résiduels qui peuvent être maintenus en place,attaqués ou foudroyés.

Dans chaque veine exploitée, on laisse de larges piliers régulièrement espacés afin de soutenir le plafond.

L'abattage du minerai dans cette méthode se fait par tir, en avançant sur plusieurs fronts et en formant des vides (chambres) séparés par des piliers de minerai laissés en place pour empêcher le toit de s'effondrer, on obtient ainsi d'ordinaire un quadrillage régulier de chambres et de piliers comme l'indique la figure 6 dont les dimensions relatives représentent un compromis entre deux impératifs : assurer la stabilité du massif rocheux et récupérer la plus grande part possible du minerai.

Cela implique une étude approfondie de la résistance des piliers, de la portée de la couche supérieure et d'autres facteurs encore. On utilise couramment des boulons d'ancrage pour augmenter la résistance des piliers.

Les chambres servent de voies de roulage pour le transport par camions du minerai vers le silo de stockage. Le front de taille est attaqué par foration et tir de mines, de la même manière que le front d'attaque lors du percement des galeries. La largeur et la hauteur du front correspondent aux dimensions de la galerie, qui peuvent être assez importantes.

Les matériaux abattus sont chargés dans des camions ou wagons sur rail. Habituellement, on utilise pour cette opération des chargeuses et des camions à benne basculante ordinaires. L'exploitation par chambres et piliers est une méthode très productive. La sécurité est fonction de la hauteur des chambres et des dispositifs de soutènement mis en place. Le principal danger vient des chutes de blocs et de la circulation du matériel.

L'exploitation par chambres et piliers qui concerne les gisements tabulaires à pendage compris entre 15° et 30° , soit une pente trop forte pour les véhicules sur pneus et trop faible pour la chute libre du minerai par gravité. La méthode traditionnelle d'exploitation des gisements pentés repose sur le travail manuel. Les mineurs forent les trous de mine avec des perforatrices à main, et les matériaux abattus sont déblayés par des racleurs. Si le gisement se prête à une exploitation mécanisée, on procède par chambres en gradins de manière à obtenir une surface dont la pente convient aux véhicules sur pneus. L'exploitation commence par le traçage de chambres horizontales, à partir d'une galerie servant à la fois d'accès et de roulage. Le premier étage horizontal suit le toit. L'étage suivant est tracé un peu plus bas dans la même direction, et ainsi de suite en descendant, de façon à obtenir un découpage en gradins. Des piliers de minerai sont laissés en place pour supporter le toit. Après avoir tracé complètement deux ou trois chambres contiguës, on passe à l'étage inférieur, en laissant un long pilier de minerai. Des parties de ce pilier peuvent être récupérées ultérieurement, en pratiquant des recoupes depuis le chantier situé au-dessous. Les engins modernes montés sur pneumatiques sont bien adaptés à l'exploitation par gradins. L'abattage peut se faire de façon entièrement mécanique au moyen des matériels mobiles courants.

Cette méthode d'exploitation représente une simplicité sur plusieurs plans :

- Moyens : elle n'exige pas de gros moyens car le soutènement est naturel.
- Offre un grand nombre de chantiers à la fois
- Le traçage des galeries et des chambres est relativement facile.

Ce qui correspondait bien aux moyens technologiques de l'époque. Mais au fur et à mesure du développement de la science, on a mieux développé cette procédure d'exploitation, puisqu'on est passé de 50% de perte en substances minérales à seulement 10% actuellement.

Pour cette méthode la longueur des chambres est de l'ordre de 30m, leur largeur est de 30m aussi et la hauteur est suivant la puissance du filon.

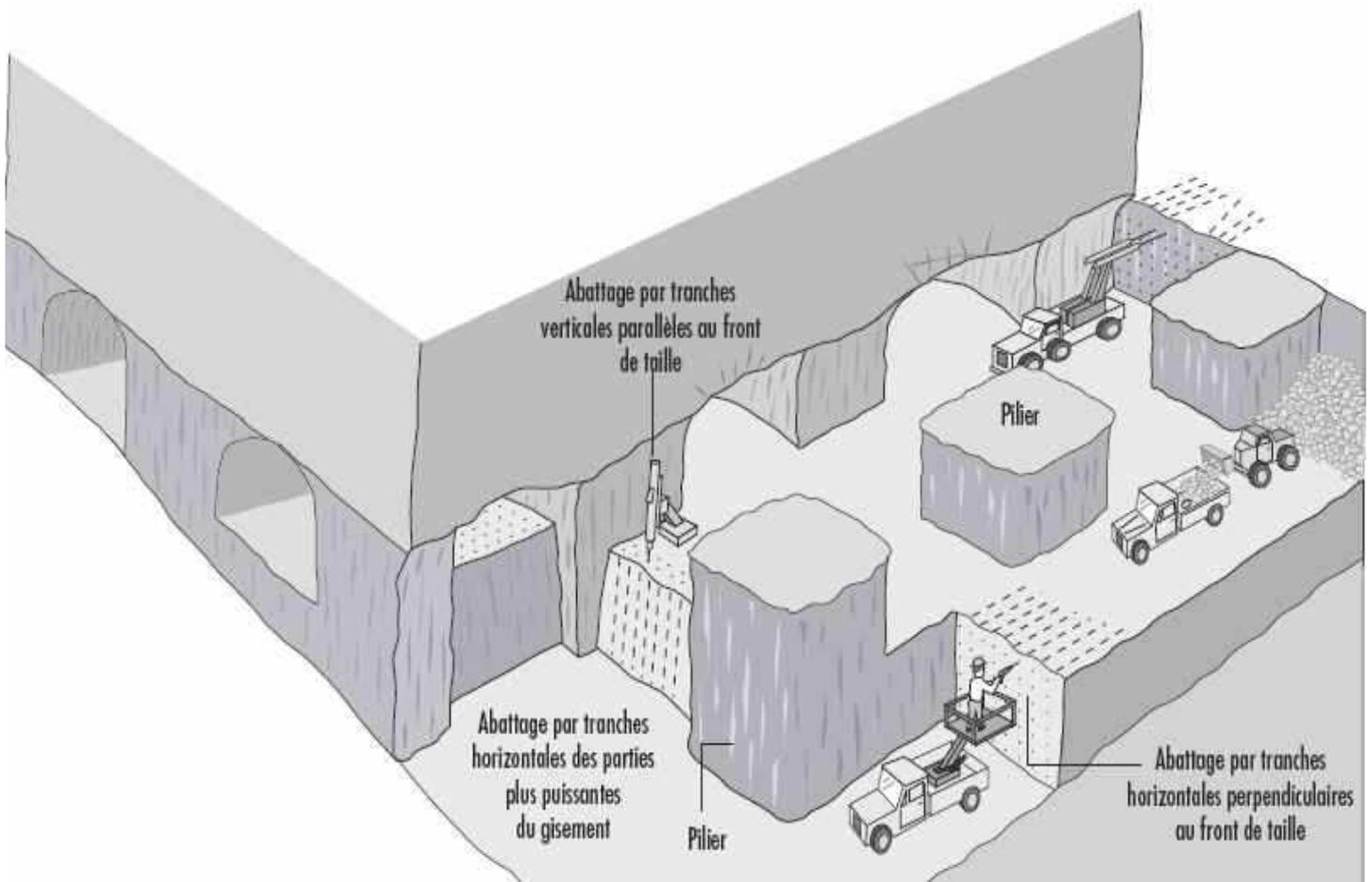


Figure 6. Exploitation par chambres et piliers

4- Système d'exploitation utilisé dans la mine :

En se basant sur les conditions de position minières et géologiques du filon 3 (l'inclinaison 18° à 32° du filon qui est assez importante) et vue la valeur économique de la baryte, le système d'exploitation le plus acceptable pour l'exploitation du gisement est celui par chambres avec le soutènement de l'espace d'abattage par piliers naturels, et avec abattage du minerai au front de taille ouvert par bandes en descendant. Sur le plan les dimensions des chambres sont dans la limite de 30x30m. L'extraction se fait sur toute la puissance du filon par abattage à petits forages ; la largeur de la bande est de 2m. Le soutènement par piles est utilisé seulement pour soutenir l'espace de front de taille. Les piles se placent de haut en bas en deux rangées, la première à une distance de 2m de la bande, la deuxième en échiquier ; la distance entre les piles est de 2m le long de la bande exploitable. Sur le périmètre de la chambre on laisse une rangée de piliers 2 x 2m.

5- Exploitation du niveau 1300m à la surface :

5-1- Découpage du niveau 1330 à 1300m :

La partie centrale du filon sur une étendue de 200m a été exploitée à ciel ouvert jusqu'au niveau 1330m. L'exploitation ultérieure à ciel ouvert de la partie est improductive vu les volumes de découverte importants et les travaux miniers complémentaires liés à l'épuisement des eaux. En se basant sur ce fait, la partie qui reste du filon est plus rationnelle à exploiter par une méthode souterraine.

A cet effet, partant des données géologiques, on creuse à partir du fond de la fosse minière au niveau 1330m deux galeries au jour en direction Est et Ouest du filon.

En direction Est la longueur de la galerie sera de 80m, à l'ouest elle sera de 110m. Pour l'aération, lors du creusement des galeries, on y fait tous les 30m des cheminées percées en surface. Les cheminées sont creusées en veine sur le mur du filon avec une section de $4,5\text{m}^2$. Pour découper les réserves de l'étage de 1300 à 1330m on creuse une galerie découpanante au niveau 1300m en travers de l'étendue du filon sur son mur dans la partie centrale, là où la longueur de la galerie est moindre. Le relief de la région ne permet pas de choisir un autre endroit d'emplacement de la galerie sans augmenter considérablement sa longueur.

La galerie projetée est creusée au rocher avec une section de $7,2\text{m}^2$, et avec une longueur totale de 240m.

A l'entrée de la galerie, au niveau 1300m, on prépare une plate forme de travail avec une estacade de déchargement.

Dès que le front de taille de la galerie atteindra la région de la fosse se trouvant plus haut, partie du filon antérieurement exploitée (200m à partir de l'entrée de la galerie), on creusera au rocher à partir de la galerie verticalement une cheminée d'aérage et du transport ultérieur du minerai, qui sortira au fond de la fosse (S cheminée= $4,5\text{m}^2$, L=30m).

La cheminée a deux compartiments, le premier pour l'aérage et le deuxième pour le transport (en dégringolade) du minerai lors de l'exploitation des flancs au niveau 1330 m.

Après le creusement du filon par galerie on creuse en direction Est et Ouest des galeries de roulage principales, qui coupe le filon sur le niveau 1300m. Les galeries sont creusées en veine sur le mur du filon avec une section de $7,2\text{m}^2$, sur toute l'étendue du filon à ce niveau. Pour l'aération tous les 30m à partir des galeries, on creuse des cheminées sur le niveau 1330 de section $4,5\text{m}^2$, par la suite ces cheminées seront utilisées en tant que cheminées de bloc pendant l'exploitation de l'étage.

La hauteur des étages des niveaux découpés détermine les cotes des ouvrages découpant.

Ainsi, sur l'étage : niveau 1330m-surface, la hauteur de l'étage suivant le pendage est près de 15m en moyenne.

L'emplacement de la galerie découpante au niveau 1300m est déterminé par sa longueur optimale possible lors du creusement.

Le découpage d'un autre étage plus bas que le niveau 1300m entraîne l'augmentation de deux fois la longueur de l'ouvrage découpant, de plus que les réserves géologiques, la puissance du filon dans ce niveau permettent de se limiter seulement par ces deux étages pendant l'exploitation souterraine.

On définira ci-dessous plus en détail les ouvrages d'ouverture cités en haut :

- **Galerie horizontale au jour :**

C'est la galerie de roulage principale, ses dimensions sont :

Longueur 240m

Section 7,2m²

- **Cheminées verticales :**

Elles doivent être creusées pour deux principales raisons :

- Code des mines Art 127 qui stipule que toute mine souterraine doit comporter au moins deux issues indépendantes distantes d'au moins 30m et n'appartenant pas au même bâtiment et ce pour des raisons de sécurité.

- Aérage

Puisque les cheminées ne serviront pas à l'extraction du minerai, leur section est indépendante du volume de production mais plutôt liée à sa fonction et équipement.

Il faut rappeler qu'il existe plusieurs types de cheminée, des cheminées à :

-un seul compartiment : circulation du personnel ou pour le minerai

-deux compartiments : un pour le minerai et l'autre pour le personnel

-trois compartiments : un pour le minerai, un pour le personnel et le troisième pour le transport du matériel.

Dans notre cas la cheminée n'est utilisée que pour les secours et l'aérage, elle sera alors à un seul compartiment. D'ordre général la forme est rectangulaire avec les dimensions suivantes :

Longueur : 2,5 m

Largeur : 1,8 m

Donc on aura une section de 4,5m²

- **Descenderie :**

Elle est creusée au minerai, ses dimensions sont celle d'une galerie de raclage c'est-à-dire :

Longueur : 2,5 m

Largeur : 1,8 m

5-2- Travaux préparatoires :

La galerie découpante dans la partie Est du niveau 1300m est creusée sur une longueur de 85m. Les cheminées n5 et n6 sont creusées à partir de l'entrée de la galerie respectivement à 40m et à 70m, et se percent en surface.

La section des cheminées est de 1,8m x 2,5m (4,5m²) ; la longueur est de 15m.

Les cheminées de bloc à 1m plus haut de la galeries avec le déplacement sur plan ont un percement avec la galerie de raclage S=4m², la galerie au jour est percée avec la galerie de raclage par cheminée d'évacuation, qui sont équipées de trémies dans la galerie . La distance entre les cheminées d'évacuation est de 5m, et leur section de 1,5m x 1m (1,5m²).

Vu la petite hauteur de l'étage, la galerie de sous étage n'est pas prévue.

Des recoupages de 2m de longueur et avec la section de 2m x 2m (4m²) sont creusés tous les 2m à droite sur toute la longueur des cheminées, des recoupages analogues se font lors du creusement de galerie de raclage du coté montant du filon, les recoupes sont nécessaires pour le dépilage ultérieur.

Dans la partie Ouest du niveau 1330m la galerie au jour se fait sur une longueur de 135m,et avec cela après 100m de creusement,cette dernière atteindra le contact avec les roches stériles,et les 35m seront creusés au rocher.

Le traçage des cheminées de bloc s'effectue sur le flanc du filon, après l'achèvement de l'avancement de la galerie on creusera la cheminée n2, et à la distance de 30m l'une de l'autre on fait les cheminées n3 et n4. La galerie de raclage, à partir du pilier de protection du bloc n4 est creusée jusqu'au contact avec les roches stériles, ensuite elle se fait avec une inclinaison de 30m suivant le contact jusqu'au percement avec la cheminée n2 du bloc, avec cela on arrive au dépilage des blocs n2, n3 et n4.

Pour le dépilage du bloc n2 on continue la galerie de raclage sur 35m, et au bout on perce jusqu'à la surface la cheminée n1 du bloc. Et comme au précédemment, lors du creusement des cheminées de bloc et de la galerie de raclage on effectue des recoupes pour ce flanc. La galerie de raclage à partir du contact avec les roches stériles sur toute sa longueur doit avoir des cheminées d'évacuation équipées de trémies.

Avec cela on termine la préparation au dépilage de l'étage 1330-surface

Au niveau 1300m, au flanc Ouest on a des difficultés pour la préparation des blocs au dépilage car la configuration du filon sur les contacts est irrégulière.

La galerie de roulage ouest s'effectue sur une longueur de 110m dont 50m qui traverse le contact avec les roches stériles et 60m qui sont creusés au rocher. Au bout de la galerie de roulage ouest on creuse au niveau 1330m la cheminée du bloc, et tous les 30m, en direction inverse les cheminées N3, N4 et N5.

A partir de la cheminée N3 du bloc au niveau 1330m on creuse une galerie de sous niveau, elle percera la cheminée N2 et continuera jusqu'au contact avec les roches stériles.

A partir de la galerie de raclage on prépare tous les 5m sur toute la longueur des cheminées d'évacuation, équipées de trémies qui mènent à la galerie de roulage.

5-3- Dépilage :

Après la réalisation des travaux préparatoires et de recoupe on procède au dépilage des blocs. La direction d'abattage est à partir des flancs du gisement vers son centre comme le montre la figure 8.

Le dépilage dans le bloc commence de la cheminée jusqu'au flanc de la chambre supérieur d'abattage. La première bande a une largeur qui ne dépasse pas les 2m, et elle est creusée sur toute la puissance du filon du haut vers le bas, et sur toute la longueur de la chambre.

Et donc le minerai abattu est transporté par scraper en passant par la cheminée du bloc jusqu'à la galerie de roulage puis il est chargé dans les wagons qui le transporte jusqu'au jour.

Après l'achèvement de la première bande on procède à l'abattage du minerai dans la deuxième bande. Avec l'avancement de la deuxième bande on prépare la première au soutènement de haut en bas par piliers, qui seront placés chaque 2m.

Après le début de l'abattage du minerai de la troisième bande on fait la deuxième pile de soutènement en niveau de la deuxième bande en échiquier par rapport à la première.

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux d'abattage les bandes qui suivent à chaque fois la deuxième rangée de piles est à démonter et déplacer en échiquier par rapport à la première vers le front de taille en observant la distance entre la bande et les piles de 2m.

6- Soutènement de la mine :

Le soutènement de la galerie principale se fait par boisage car le bois est assez solide, résistant et souple comme indiqué sur la figure 8.

La longueur des poutres utilisées pour le soutènement est de 2,5 à 3m et le diamètre 15 à 30cm. Les piles sont consolidées par crampons métalliques et soigneusement coincées.



Figure 8. Soutènement par boisage

7- Exploitation du niveau 1260 à 1300m :

7-1- Travaux d'exploitation du niveau 1260 à 1300m :

Pour l'exploitation de ce niveau, on aura deux choix de méthodes d'exploitation qui s'offre à nous vu le faible volume qui reste et l'importante profondeur :

- La première méthode est celle utilisée pour le niveau supérieur c'est-à-dire chambres et piliers.
- La deuxième c'est la méthode des chambres remblayées :

Dans cette méthode, le vide créé par l'exploitation sera comblé par un remblai qui va remplacer le minerai enlevé et qui va maintenir les épontes, l'avantage de cette méthode est la perte minimale de minerai utile et le bon soutènement.

Plusieurs paramètres entrent en jeu pour choisir une des deux méthodes et qui sont :

Le pendage du filon.

La difficulté de l'extraction du minerai.

La teneur du minerai.

Le faible volume de minerai restant.

Le coût du remblai qui va être important vu la difficulté d'accès au filon.

On remarque que ces paramètres défavorisent l'utilisation de la méthode des chambres remblayées et par conséquent l'utilisation de la première méthode de défilage sera plus simple et plus rentable.

Et donc on va opter pour la même méthode utilisée et décrite précédemment, c'est-à-dire la méthode des chambres et piliers.

7-2- Découpage du niveau 1260m à 1300m :

On va d'abords découper le niveau en sept blocs comme indiqué sur la figure 9.

A partir de la galerie de roulage au niveau 1300m on va creuser des descenderies chaque 30m tout le long du filon d'une section de $4,5\text{m}^2$ ($1,8 \times 2,5$) qui serviront pour l'aéragé et l'extraction, ces descenderies sont creusées par tir sur le mur du filon suivant l'avancement des travaux et le contact du filon avec les roches stériles, le minerai sera extrait à l'aide de scrapers.

La hauteur des étages des niveaux découpés est déterminée par la différence de cote des ouvrages.

Et pour le dépilage on va utiliser exactement la même méthode utilisée pour les niveaux supérieurs à 1300 m.

7-3-Dépilage du niveau 1260m à 1300m :

Après les travaux préparatoires et de recoupe on procède au dépilage des blocs. La direction d'abattage débute à partir des flancs du gisement jusqu'à son centre comme le montre la figure 10.

Le dépilage dans le bloc commence de la descenderie jusqu'au flanc de la chambre supérieur d'abattage. La première bande à une largeur qui ne dépasse pas les 2m, et elle est creusée sur toute la puissance du filon du haut vers le bas, et sur toute la longueur de la chambre.

Le minerai abattu sera ensuite extrait par scraper en passant par la descenderie du bloc jusqu'à la galerie de roulage du niveau 1300m puis il est chargé dans les wagons qui le transporte jusqu'au jour.

On aura des difficultés pour la préparation des blocs au dépilage car la configuration du filon sur les contacts est irrégulière dans ces niveaux.

Remarque :

Dans l'exploitation du niveau 1260m à 1300m, nous aurons quelques problèmes de venues d'eau qu'on pourra résoudre avec un simple pompage des eaux jusqu'au niveau 1300m qui en prenant le cours des rigoles pourront être évacuées jusqu'au jour.

7-3- Calcul des dimensions des piliers :

La destination des piliers est provisoire (pour la durée de leur exploitation) et ils sont utiles pour le soutènement des ouvrages. La figure 11 nous montre la colonne et la section du toit soutenue par 1 pilier dans une exploitation par chambres et piliers.

On a les données suivantes :

S : surface du toit soutenu par pilier (16 m²).

γ : densité des roches sus-jacentes (3,2t/m³).

H : profondeur à partir de la surface (70 m).

Rt : résistance à la traction (22 kg/cm²).

s : surface transversale du pilier (4m²).

R : résistance à la compression des roches du toit (1800Kg/cm²).

n: coefficient de sécurité du pilier (2,5).

- La première méthode utilisée est celle utilisée par les ingénieurs sur place :

Pour assurer le bon soutènement d'un pilier il faut satisfaire la relation suivante :

$$s/S \geq \gamma.H.K.n /R$$

Et donc on remplace les valeurs dans l'inéquation précédente :

$$4/16 \geq (3,2 \times 70 \times 0,4 \times 2,5)/1800$$

$$0,25 \geq 0,12$$

Ainsi les dimensions transversales choisies des piliers et les distances entre eux sont suffisantes pour assurer les conditions et la stabilité des chambres et donc de la mine.

- La deuxième méthode est celle de SAVIELVA :

Le principe de cette méthode est basé sur des simulations physiques à partir desquelles on a tracé le graphe de variation d'un paramètre K' en fonction de la largeur de la chambre.

On va déterminer à partir du graphe la valeur de la largeur correspondant à K' qu'on va calculer :

$$K' = Rt / \gamma.H$$

Et donc

$$K' = 22 / 3,2.70$$

$$K' = 0,098 \approx 0,1$$

Et d'après le graphe suivant on remarque que la valeur $K'=0,1$ correspond à une valeur de longueur de pilier égale $a=2m$ (Figure 10).

On remarque que cette méthode ne tient pas compte de tous les paramètres, donc elle est peu fiable, mais elle peut cependant nous donner une idée sur les dimensionnements des chambres.

8- Mesures de sécurité :

Lors de la préparation des ouvrages au dépilage un soutènement est obligatoire, et sa forme est déterminée par la fiche technique, qui est élaborée par le responsable du creusement ou d'abattage et est arrêtée par l'ingénieur en chef.

La circulation du personnel lors de l'exploitation des chambres dans les blocs est permise seulement dans la zone près du front de taille, la présence du personnel dans les chambres exploitées est interdite. Lors des travaux de dépilage dans les chambres il est obligatoire de contrôler l'état des piliers de protection, du toit de l'espace exploité afin de prendre à temps des dispositions pour assurer la sécurité du travail.

En cas d'apparition des signes menaçants l'état des piliers ou du toit, les travaux doivent être arrêtés et le personnel évacué dans un endroit sûr.

L'avancement du front de taille de l'étage supérieur par rapport à l'inférieur ne doit jamais dépasser la longueur de la chambre exploitable c'est-à-dire 30m.

En cas d'arrêt provisoire des travaux dans le front de taille (chambre) de plus de deux jours il faut prendre des mesures de prévention contre les effondrements possibles.

Les débouchées des cheminées qui sont percées en surface doivent être soutenues par un cadrage complet plus haut d'un mètre que le niveau de la surface, et doivent être grillagées et fermées.

9- Technologie d'abattage :

9-1- Introduction :

L'abattage est le processus d'arrachement de la roche et la réduire en morceau. Il s'effectue par la foration des trous de mine et puis on procède au tir à l'explosif, la foration des trous de mine se fait à l'aide de marteaux perforateurs du type Montabert T-21 et T-18. La longueur du trou est de 1,6m pour les trous de bouchon et de 1,4m pour les autres trous d'abattage et trous de contour.

9-2- Volume abattu :

Suivant la destination de l'ouvrage, le volume abattu en un tir pour chaque ouvrage est :

-galerie principale :

$$7,2\text{m}^2 \times 1,4\text{m}=10,08\text{m}^3$$

-cheminée et descenderie:

$$4,5\text{m}^2 \times 1,4\text{m}=6,0\text{m}^3$$

-galerie de sous niveau :

$$4,0\text{m}^2 \times 1,4\text{m}=5,6\text{m}^3$$

9-3- Matériels Utilisés :

En tenant compte de la dureté de la roche, l'arrachement de minerai et sa réduction en petits morceaux nécessite l'utilisation d'explosifs, on va utiliser comme explosif la Gelanit qui est très efficace.

On applique principalement lors du creusement des ouvrages miniers des marteaux perforateurs à main avec poussoir .Dans les ouvrages inclinés, on utilise les marteaux perforateurs télescopiques.

9-4- Consommation spécifique :

Celle-ci est déterminée d'après un graphique donnant la variation de la consommation spécifique en fonction du coefficient de dureté qui est pour la baryte de 3 à 3,5.

Et donc :

$$E=0,55 \text{ Kg/t}$$

Caractéristiques des explosifs:

Le tableau 6 suivant détermine la nature des explosifs utilisés dans la mine.

Tableau 6 : explosifs utilisés pour chaque ouvrage.

Types d'ouvrages	Volume (m)	Nature de l'explosif	Consommation Kg/m.	Consommation An. Explosif (kg)	Consommation An. Accessoires (m)	Volume Abattu m ³ / m.
Galerie Principale	561	Gelanit Ø 30	09	5049	8976	7,2
Tranche	124	Gelanit Ø 30	06	744	1736	4
Cheminée	385	Gelanit Ø 30	06	2310	5390	4,5
Total :	1070	Gelanit Ø 30	-	8103	16102	-

Les principales caractéristiques de la Gelanit produite en Algérie sont:

Résistance à l'eau : très bonne.

Vitesse de détonation : 5700 à 6100 m/s.

Densité : 1,45g/cm³.

Essai trauzl : 450g/10g.

C.U.P :1,35.

R.W.S :86%.

Dimension des cartouches : 25 x 130 ; 30 x 120 ; 30 x 230.

Poids correspondant : 100 ; 125 ; 250.

Utilisation : abattage dans les travaux souterrains, explosif pour roches dures.

9-5- Plan de tir des différents ouvrages :

- **Plan de tir d'une galerie (Figure 12):**

Tableau 7 : caractéristiques du plan de tir d'une galerie

Trous	Numéro du trou	Longueur du trou (m)	Longueur chargée (m)	Quantité d'explosif d'un trou (kg)	Quantité d'explosif des trous (kg)
Bouchon	1, 2, 3,4	1,6	0,69	0,750	3,000
Abattage	5, 6, 7,8	1,4	0,46	0,500	2,000
Contour	9,10,...,16	1,4	0,23	0,500	4,000
Total	16 trous	4,4	1,38	1,750	9,000

- **Plan de tir d'une cheminée ou d'une descenderie (Figure 13) :**

Tableau 8 : caractéristiques du plan de tir d'une cheminée

Trous	Numéro du trou	Longueur du trou (m)	Longueur chargée (m)	Quantité d'explosif d'un trou (kg)	Quantité d'explosif des trous (kg)
Bouchon	1, 2, 3,4	1,6	0,69	0,750	3,000
Abattage	5, 6	1,4	0,46	0,500	1,000
Contour	7,8,...,14	1,4	0,23	0,250	2,000
Total	14 trous	4,4	1,38	1,500	6,000

- **Plan de tir d'une tranche ou niche (Figure 14) :**

Tableau 9 : caractéristiques du plan de tir d'une niche

Trous	Numéro du trou	Longueur du trou (m)	Longueur chargée (m)	Quantité d'explosif d'un trou (kg)	Quantité d'explosif des trous (kg)
Bouchon	1, 2, 3,4	1,6	0,69	0,750	3,000
Abattage	5, 6	1,4	0,46	0,500	1,000
Contour	7,8,...,14	1,4	0,23	0,250	2,000
Total	14 trous	4,4	1,38	1,500	6,000

10- Chargement et transport :

L'opération chargement et transport est une étape importante dans le processus d'exploitation, elle occupe à elle seule 30% à 40% du cycle de production.

10-1- Chargement :

L'évacuation des déblais se compose d'une série d'opérations, chargement des roches abattues, roulage des wagons chargés et vides.

Le chargement des roches abattues au fond s'effectue par des pelles chargeuses sur rails dont l'écartement de la voie est de 500mm dans la galerie principale.

Dans les blocs ou chambres, on profite du pendage du filon pour l'évacuation du minerai elle est réalisée par des treuils de scrapage.

Au jour, le chargement du tout venant s'effectue par une pelle chargeuse sur pneus.

10-2- Transport :

Vu la disposition du filon par rapport à l'usine de traitement, le mode d'acheminement du tout venant vers l'usine est assuré quotidiennement par deux camions à benne d'une capacité de 10 T chacun. Le camion se mets sous l'estacade de chargement comme indiqué sur la figure et un ouvrier va décharger directement le minerai du wagon au camion.

Au fond, le transport est assuré par des wagons de 1m³ de capacité chacun, tracté par un locotracteur qui va tirer les wagons chargés comme indiqué sur la figure 15.

Ces wagons vont être tractés jusqu'à l'estacade pour le déchargement comme le montre la figure 16.

L'unité dispose de 3 camions pour l'acheminement du tout venant vers l'usine et de 3 wagons pour l'acheminement du minerai du fond vers le jour.

Détermination des paramètres de chargement et de transport :

Le tableau 10 résume les moyens utilisés sur le chantier

Tableau 10 :moyens utilisés dans la mine de Ain Mimoun.

Moyens utilisés	Etat	Nbre	Temps de cycle	Nbre de poste	Durée du poste	%de disponibilité	Capacité installée	Capacité réelle	Rendement/poste	Capacité annuelle (t)
Pelle pneumatique	Moy.	01	05	01	08	74	244 jours	219 jours	166 jours	41500
Pelle sur rails	Moy.	03	03	01	08	88	332 jours	300 jours	25 jours	4300
Camion	Moy.	03	60	01	08	76	191 jours	169 jours	47 jours	13830
Loco-tracteur	Moy.	03	30	01	08	92	344 jours	313 jours	50 jours	13427
Scraper	Moy.	10	02	01	08	88	332 jours	300 jours	14 jours	3800



Figure 15 : Wagons tirés par un locotracteur



Figure 16. Estacade de déchargement

Détermination des paramètres de rendement par poste :

Dans le tableau 11 on déterminera le volume de minerai abattu par jour de chaque ouvrage.

Tableau 11 : volume abattu dans chaque ouvrage.

Type ouvrage	Section (m ²)	AV/Jour (m)	Volume/Jour (m ³)	NB./J.	T V (T)
Galerie principale	7,2	1,40	10,08	250	660
Tranche	4,0	2,0	8,0	250	1820
Cheminée	4,5	2,0	9,0	250	1820
Total	-	5,40	27,08	250	4300

Chapitre V

A erage, exhaure et sécurité

1- Aérage :

Le but principal de l'aérage dans une mine souterraine, c'est de conserver pendant toute l'activité, les conditions atmosphériques idéales à l'aide d'un courant artificiel ou naturel d'air frais.

Lors de son passage dans les galeries, l'air frais est soumis à des transformations chimiques naturelles qui l'appauvrissent en oxygène et l'enrichissent en CO₂ et autres gaz toxiques résultants des tirs, ajouter à cela la poussière et l'humidité, il est dit alors air vicié.

L'écoulement de l'air dans les galeries souterraines se réalise de deux manières :

Aérage naturel

Aérage artificiel

1-1- Aérage naturel :

Les conditions naturelles atmosphériques (température, pression,...) peuvent être à l'origine de l'écoulement de l'air entre deux points de la mine.

En effet, quand la température de l'air augmente en un point donné A par rapport à un autre point B alors sa densité diminue et cela crée une différence de pression qui va créer à son tour l'écoulement de l'air du point A vers B.

La dépression causée par l'aérage naturel est donnée par l'équation suivante :

$$\Delta H_n = (0,45 \text{ h}/100) \Delta T$$

h : différence de cote entre la galerie la plus basse et le retour d'air au jour.

ΔT : différence de température entre le fond et le jour.

L'aérage naturel va du point chaud vers le point froid, comme la température au fond est pratiquement constante on aura généralement un aérage montant en hiver et descendant en été.

Mais ce type d'aérage a ses inconvénients qui font qu'on ne doit pas se fier uniquement à lui seul et qui sont :

- difficulté de calculer la quantité d'air en écoulement
- difficulté de prévoir son sens
- insuffisance de la quantité d'air entrante

1-2- Aérage artificiel :

Comme l'aérage naturel, il est lui aussi basé sur la création d'une différence de pression et donc d'un courant d'air entre deux points de la mine mais dans ce cas là ça se fera à l'aide de moyens artificiels notamment des ventilateurs.

En aspirant l'air ou en soufflant, le ventilateur crée une différence de pression. La vitesse de l'écoulement d'air est fonction de la puissance du ventilateur et de la résistance des parois.

Après les travaux de tir, il est nécessaire d'aérer le chantier pour que les ouvriers travaillent dans les conditions normales.

Lors du creusement des excavations horizontales, on utilise dans la mine ce mode d'aérage et plus précisément l'aérage soufflant.

2- Quantité d'air nécessaire :

La quantité d'air nécessaire pour l'aération est déterminée en fonction du nombre d'ouvriers se trouvant au fond.

$$Q_1 = q \times n \times K \text{ (m}^3 \text{ / min)}.$$

q : quantité d'air frais nécessaire pour un ouvrier dans notre chantier elle est égale à 6 m³

n : nombre d'ouvriers maximum au chantier qui est limité à 6 ouvriers

K : coefficient de réserve : K = 1,2 – 1,3

$$Q_1 = 46,8 \text{ m}^3/\text{mn}$$

3- Quantité d'air en fonction de la quantité d'explosif :

$$Q_n = \frac{2,33}{t_v} \sqrt{V Q_{ex} \cdot S^n \cdot L_{ex}^2 \cdot b \cdot K_n}$$

Ou t_v : Temps de ventilation 30mn

Q_{ex} : Quantité d'explosif totale utilisé pendant un cycle de creusement 9,000 kgs.

S^n : Section de l'excavation : 7,2 m²

L_{ex}^2 : Longueur de l'excavation : 200 m

b : Volume de gaz dégagé lors de l'explosif de 1,0kg d'explosif $b = 40$ (l / kg).

K_n : Coefficient tenant compte de la saturation de l'air $K_n = 0,6$

$$Q_n = \frac{2,33}{30} \sqrt{11,5 \times 7,2^2 \times 200^2 \times 40 \times 0,6}$$

$$Q_n = 64,48 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Après vérification de la quantité d'air maximale il faut choisir le type de ventilateur.

4- Capacité du ventilateur :

Le rendement d'un ventilateur est :

$$R_V = Q_m \times p \quad (\text{m}^3/\text{mn})$$

Q_m : $64,48 \text{ m}^3 / \text{min.}$

P : Coefficient tenant compte des fuites d'air dans les conduites $1,04 < p < 2,63$

On admet $p=1,12$ pour une longueur de 200 m.

$$R_V = 64,48 \times 1,12 = 72,2 \text{ m}^3/\text{min}$$

5- Organisation des travaux:

5-1- Régime de travail :

a – production annuelle :

La production annuelle en tout – venant est de l'ordre 41500 t à partir des travaux à ciel ouvert et souterrain soit 4300 t des travaux préparatoires, 19840 t d'abattage et 17360 t des travaux à ciel ouvert.

b – Nombre de jours ouvrables :

$$N_{JO} = N_{JA} - N_{JR} - N_{jF}, j / \text{an}$$

N_{JA} : Nombre de jours durant l'année = 365 J / an

N_{JR} : Nombre de jours de repos = 104 J / an

N_{jF} : Nombre de jours fériés = 11 J / an

Et donc le nombre de jours ouvrables est de 250 j/an

5-2- Production journalière :

$$Q_j = \frac{Q_A}{N_{jo}} \quad \text{t / j}$$

Q_A : Production annuelle en T V = 41500 t.

N_{jo} : Nombre de jours ouvrables = 250 J / an.

$$Q_j = \frac{41500}{250} = 166 \text{ t/j}$$

$$Q_j = 166 \text{ t/j}$$

d : Durée du poste qui est de 08 h

Le nombre de postes par jour : 01 poste par jour sauf en cas de nécessité.

Récapitulatif économique :

Dans le tableau 9, on va avoir un aperçu sur l'aspect économique des travaux c'est-à-dire le prix de revient du m³ des travaux réalisés sur le chantier et aussi le prix de revient de la tonne et du transport.

Type de travaux	Prix de revient Du m ³	Prix de revient de la tonne
Travaux préparatoires	8703,1	2486,6
Travaux à ciel ouvert	3276,3	936,1
Chargement et transport	3067,7	876,5
Total :	-	4299,2

-tableau 9-

6- Travaux auxiliaires :

6-1- Exhaure :

Du point de vue infiltration d'eau souterraine on prévoit des légers venues d'eau de l'ordre de 100m³/jour à 200m³/jour lors des périodes de pluie et donc il faut prendre les mesures nécessaires :

- Exécuter le creusement de la galerie principale avec un léger pendage (3° à 4°) vers le jour pour éviter les inondations.

- L'aménagement des rigoles au niveau des ouvrages car les venues d'eau sont faibles et donc des rigoles suffisent.

- Bien protéger les orifices des cheminées au jour contre les intempéries.

- Drainer les zones en dessous du niveau de la galerie principale (1300m).

- Drainer les niveaux inférieurs à 1300m à l'aide d'une pompe.

- Les vieux travaux doivent être suffisamment séparés des travaux en cours par des stots de protection.

6-2- Electrification :

Vu l'emplacement des filons l'un à l'autre, l'unité dispose, d'un groupe électrogène qui alimente le filon n°15 pour l'éclairage de la galerie principale, et d'un autre groupe électrogène qui alimente les scrapers électrique au filon n°3 et une ligne de haute tension qui alimente les filons n° 3 et 7 ouest et filon 8 en commun pour l'éclairage.

6-3- Air comprimé :

- **Schéma d'installation :**

On utilise des compresseurs qui sont placés dans des abris juste à coté des ouvertures des galerie principales pour chaque filon qui alimentent les chantiers en air comprimé par l'intermédiaire des conduites d'air dont le diamètre de la conduite qui varie de 60mm – 100 mm suivant la disponibilité de cette dernière.

- **Matériel utilisé :**

2 Compresseurs ATLAS – COPCO.

1 Compresseur INGERSOLL – RAND.

- **Capacité nécessaire :**

Filon N° 3 : 24 m³ / min.

- **Capacité installée :**

Filon N° 3 : 34,2 m³ / min.

7- Hygiène et Sécurité :

L'hygiène et la sécurité forment un ensemble de mesure à prendre à tous les niveaux afin de sauvegarder la santé des travailleurs et le bon état des engins d'ouvrage, en prévenant les incidents et les accidents de travail.

D'après leur origine, les dangers dans une mine sont :

- naturels : inondation, dégagement gazeux, éboulement, glissement...
- biologiques : c'est les maladies dangereuses telle que la silicose.
- technologiques : explosif, mouvement des engins, panne du ventilateur,...

Et pour assurer la sécurité et l'hygiène dans la mine il faut respecter les préventions suivantes :

- Lute contre la poussière lors de la foration :

Pour la protection des ouvriers exposés au risques de poussières lors des travaux de foration on utilise la foration à l'eau, à cette effet on utilise des réservoirs sur chassie du wagon alimentant le marteau en eau, cette alimentation est provoquée par l'air comprimé provenant du compresseur, dans le cas ou les conditions ne sont pas favorables pour l'exécution de la foration à l'eau, les ouvriers utilisent des respirateurs individuels.

- Prévention des accidents dus aux éboulements du toit des ouvrages miniers :

Au cours du creusement, tous les ouvrages miniers sont soutenus et ceci suivant les conditions du minerai et des roches encaissantes, leur état est contrôlé quotidiennement, un examen du toit de chaque ouvrage s'effectue avant le début des travaux.

- Prévention de la chute du personnel et des objets dans les ouvrages miniers :

Les dimensions des ouvrages miniers ainsi que des chantiers excluent la chute des objets et du personnel, sauf pour les cheminées ; à cet effet, les cheminées sont dotées de compartiments de circulation du personnel.

Conclusion générale

Le sujet que nous avons abordé dans ce travail touche aux principales phases de la vie d'une mine souterraine, de son ouverture jusqu'au transport du minerai à l'usine en passant par l'exploitation et l'extraction ; il était donc difficile de le mener à bien sans rencontrer de problème qui ont été assez nombreux et de différentes natures et surtout pour les niveaux compris entre 1300m et 1260m :

- Le manque de données techniques : pression des terrains, cartes topographiques et les plans d'exploitation.
- Absence de document concernant les niveaux inférieurs.
- Aucune mise à jour des plans et documents.
- Manque de bibliographie sur les mines souterraines en Algérie.

Toutefois nous avons essayé dans la mesure du possible de traiter les principales étapes d'une exploitation souterraine à savoir la géologie des terrains, l'ouverture de la mine, l'exploitation du minerai et techniques d'exploitation, l'aérage l'hygiène et la sécurité,...

Dans le premier chapitre nous avons pu constater que la baryte est utilisée principalement dans l'industrie pétrolière et cela à cause de ces propriétés physiques et chimiques. Puis dans le chapitre géologie nous sommes arrivés à la conclusion que le gisement en question est un champ filonien formé de 24 filons dont le filon qui nous intéresse qui est le filon n°3 qui est lui d'âge crétacé supérieur.

Dans le chapitre ouverture de la mine, on a délimité les réserves et choisi le meilleur mode d'ouverture qui s'est avéré être l'ouverture à flanc de coteau.

Dans le chapitre exploitation, le plus important, on a commencé par choisir la méthode de défilage la plus adéquate, qui a été après étude la méthode par chambres et piliers, nous avons aussi calculé les dimensionnements des différents ouvrages (chambres, piliers ;...) et cela pour avoir le moins de perte possible de minerai, ce taux de perte pourrait être amélioré par attaque de piliers. Pour l'abattage nous avons fait les calculs nécessaires et proposé pour explosif la Gelanit qui est un explosif efficace et disponible en Algérie.

Dans le dernier chapitre nous avons proposé de profiter de l'aérage naturel et cela par le creusement de cheminées, sans toute fois oublier la nécessité d'un ventilateur pendant certaines phases de notre travail notamment durant l'abattage.

Et pour finir nous avons conclu à partir du travail fait que le niveau 1260 à 1300m est facilement exploitable avec la méthode par chambres et piliers, on aura quelques problèmes pour le défilage et les venues d'eau mais ils pourront être résolus.

Ce sujet pourrait faire l'objet d'autres études complémentaire que nous espérons vont trouver dans celle-ci des idées utiles et ce pour pouvoir réaliser à l'avenir une exploitation sûre et rentable des réserves de baryte comprises entre le niveau 1300m et 1260m.

Bibliographie

- 1- « Rapport des travaux géologiques de Ain Mimoun 1968-1970 ».
- 2- E.N.O.F ; «Projet d'exploitation souterraine du filon 3 » 1993.
- 3- V.VIDAL ; «Exploitation des mines tome 2 » 1983.
- 4- V.VIDAL ; «Exploitation des mines tome 3 »1985.
- 5- SOMIBAR ; « Plan d'exploitation 2005 de l'unité de Ain Mimoun ».
- 6- SOMIBAR ; « Plan d'exploitation 2004 de l'unité de Ain Mimoun ».
- 7- H.BENAMGHAR ; « mémoire de fin d'études juin 1991 ».
- 8- L.AOUADIA ; « mémoire de fin d'études 1984, université de Annaba ».
- 9- Dj.MERABET ; « Art des mines, travaux dirigés » 1990.
- 10- E.TINCELIN ; « Le choix des méthodes d'exploitation »1993.
- 11- SANDVICK COROMANT ; « Exploitation en souterrain »1983.
- 12- Revue de l'industrie minérale, les techniques n°7,1987.
- 13- PORADNIK Gornika ; « Guide de l'ingénieur des mines »