



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Filière : Génie Minier
Option : Exploitation des Mines

Présenté par :

- Benchallal Nour El-Islam
- Baough Eldjida

Thème :

Amélioration du rendement du tir en mine souterraine. cas de la mine de chaabet el hamra. Setif

Soutenu le : 03 / 07 /2023 devant le jury composé de:

Président	Mr hammiche	U.A.M.Bejaia
Encadrant	Mr Mazari	U.A.M.Bejaia
Examineur	Mr ait habib	U.A.M.Bejaia

Promotion: 2022-2023

Remerciement

*Merci à **Dieu** de nous avoir donné la force et le courage de tenir jusqu'à la fin de ce travail.*

*Tout travail de recherche n'est jamais totalement l'œuvre d'une seule personne. A cet effet, on tient à exprimer notre sincère reconnaissance et nos vifs remerciements à : Notre encadrant **Mr. Mazari Messaoud**, il nous a donné le maximum de son savoir et de son temps pour réussir ce travail, que dieu le protège pour ces précieux conseils.*

*A monsieur directeur de la mine chaabet El Hamra pour son soutien et encouragement L'ensemble du personnel de la mine chaabet el Hamra Sétif pour son accueil chaleureux. En particulier à **Madame Mayouf.M**, pour nous avoir accompagnés tout au long de notre stage.*

Ainsi que leurs collaborations qui ont été précieux dans notre enquête. Nous tiendrons également à remercier tous les enseignants de département qui ont contribué de près ou de loin à notre formation Durant tout le cursus universitaire Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé, de près ou de loin à l'élaboration de Ce modeste travail, et tous ceux qui nous ont aidés d'un simple encouragement trouvent ici l'expression de notre reconnaissance la plus sincère.

DEDICACE

Avec Fierté et Gratitude, Je Dédie ce Modeste Travail :

A

Mon Cher Père Abdel Aziz, qui représente le symbole du courage, de bravoure et de résistance, la source de mon épanouissement et de mon savoir.

A

Ma Chère Mère SAHRA qui m'a toujours couverte de tendresse et d'affection grâce à ses encouragements et son écoute attentive qu'elle m'apporte au quotidien.

A

Mes Chers Frères

SALIM , AMAZIGH ,GHILAS ,HAMID

A

Ma Belle Sœur

Naima

A

Mon Petit Cœur

Aylan ☺

A

Mon Très Cher Ami Dalil .M

A

Ma Cher Copine MELKHIR.H

A

Mes Amies

Vouva & Mina

Son Oublier Mon Cher Binôme Islam Et Toute Sa Famille.

El Djida

DEDICACE

À mes chers parents, dont le soutien indéfectible et les encouragements constants ont été ma source de motivation tout au long de ce parcours, je dédie ce mémoire de fin d'études. Votre amour, votre confiance et votre soutien inconditionnel ont été les piliers de ma réussite.

À mon frère Mohamed Akram, mon compagnon de vie et mon meilleur ami

À mes chers grands-parents, qui ont été une source d'inspiration et de sagesse tout au long de ma

À la famille Benchallal

À mes amis Massaouda, Younes, Issam, Saïd et Anes, qui ont partagé avec moi les moments de joie, de stress et de réussite

À mon encadrant, Mr. Mazari

Enfin, à ma binôme Eldjida et à sa famille, je souhaite exprimer ma gratitude pour notre collaboration fructueuse et notre travail d'équipe.

À vous tous, je dédie ce mémoire en signe de reconnaissance pour votre soutien, votre amour, et votre présence précieuse dans ma vie.

Islam

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

<i>Figure I.1 : Situation géographique mine Chaabet El-Hamra [GoogleMaps]</i>	3
<i>Figure I.2 : Carte Géologique Région monts Hodna [1]</i>	5
<i>Figure I.3 : Carte Stratigraphique Région Monts Honda [15]</i>	6
<i>Figure I.4 : Litho stratigraphie</i>	10
<i>Figure I.5 : Coupe Longitudinale Du Gisement Chaabet El-Hamra [1]</i>	11
<i>Figure I.6 : Situation Hydrostatique [2]</i>	18
<i>Figure I.7 : Zone de travail à assécher</i>	19

CHAPITRE II

<i>Figure II.1 : Plan de travaux préparatoires et infrastructures [15]</i>	23
<i>Figure II.2 : Méthode D'exploitation Par Traçage Et Dépilage [2]</i>	28
<i>Figure II.3 : Méthode D'exploitation Par Traçage Et Dépilage</i>	29
<i>Figure II.4 : Méthode D'exploitation Sous Niveau Foudroyés [2]</i>	30
<i>Figure II.5 : Méthode D'exploitation Sous Niveau Foudroyés</i>	31
<i>Figure II.6 : Phases de développements méthode d'exploitation chambre et pilier [4]</i>	32
<i>Figure II.7: Méthode chambre et pilier [4]</i>	34

CHAPITRE III

<i>Figure III. 1 : Composons du marteau perforateur YT29A</i>	41
<i>Figure III.2 : Coupe longitudinale du trou chargé</i>	42
<i>Figure III.3 : Circuit de détonation</i>	43
<i>Figure III.4 : Plan de tir théorique [6]</i>	44
<i>Figure III .5 : Plan de tir pratique au niveau de la mine</i>	45
<i>Figure III.6 : Les quatre sections de galerie (méthode suédoise)</i>	48
<i>Figure III.7 : Plan de tir quatre sections 45 mm</i>	54
<i>Figure III.8 : Section bouchon (45 mm)</i>	54
<i>Figure III.9 : Plan du tir (38 mm)</i>	56
<i>Figure III.10 : section bouchon (38mm)</i>	57

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

<i>Tableau I.1 : Coordonées UTM-NORD SAHARA CHAABET EL-HAMRA</i>	2
<i>Tableau I.2 : Tronçon reserve geologique profil 10-15 [3]</i>	17
<i>Tableau I.3 : Reserve Restantes Profil 10-15</i>	17
<i>Tableau I.4 : Réserve retenues profil 10-15</i>	18

CHAPITRE II

<i>Tableau II.1 : Découpage des panneaux d'exploitation</i>	25
<i>Tableau II. 2 : Déroulement de plan d'exploitation 2017 [3]</i>	26

CHAPITRE III

<i>Tableau III.1 : Caractéristiques du marteau perforateur YT29A [6]</i>	41
<i>Tableau III.2 : Caractéristiques de l'explosif GELANIT</i>	41
<i>Tableau III. 3 : Nombres de trous et quantité d'explosif entre le plan tir théorique et pratique dans la mine CEH</i>	46
<i>Tableau III.4 : La longueur des trous entre le plan tir théorique et pratique au niveau de la mine CEH</i>	46
<i>Tableau III.5 : L'avancement dans le plan de tir pratique et théorique dans la mine CEH</i> ...	46
<i>Tableau III.6 : Résumé des paramètres du plan de tir réel dans la mine CEH</i>	47
<i>Tableau III.7 : Calcule des paramètres du bouchon</i>	52
<i>Tableau III.8 : Calcule des paramètres d'abattage</i>	52
<i>Tableau III.9 : Calcule des paramètres du contour</i>	53
<i>Tableau III.10 : Calcule des paramètres du bouchon</i>	55
<i>Tableau III.11 : Calcule des paramètres d'abattage</i>	55
<i>Tableau III.12 : Calcule des paramètres du contour</i>	55
<i>Tableau III.13 : Résumé des paramètres des plan 45 mm et 38 mm</i>	57
<i>Tableau III.14 : Comparaison entre le plan de tir de la mine et les plans proposés</i>	57

LISTE DES TABLEAUX

Introduction générale	1
------------------------------------	---

CHAPITRE I : CONDITIONS GEOLOGIQUES ET MINIERES DU GISEMENT DE CHAABET EL-HAMRA

Introduction	2
Présentation	2
<u>Localisation géographique</u>	2
Historique	3
Géologie	4
<u>Géologie régionale</u>	4
<u>Géologie de gisement</u>	7
<u>La minéralisation</u>	13
<u>Caractéristiques du minerai</u>	14
Evaluation des réserves	14
<u>Réserves géologiques par tronçon</u>	15
<u>Réserves exploitables restantes par tronçon</u>	17
Hydrogéologie	18
Conclusion	20

CHAPITRE II : PROCESSUS D'EXPLOITATION LA MINE CHAABET EL HAMRA

II.1. Introduction	22
II 2. Découpage des blocs et plan d'exploitation dans la partie inférieure du profil (10-15) de la mine Chaabet El Hamra	23
<u>II.2.1 Découpage en panneaux d'exploitation</u>	24
Plan d'exploitation	25
<u>Travaux préparatoires</u>	25
<u>Travaux d'abattage</u>	26
<u>Résultats de l'exploitation</u>	27
Méthodes d'exploitation	27
<u>Traçage Et Dépilage</u>	27
<u>Sous-niveaux foudroyés</u>	29
<u>II.4.3 Méthode proposée par SIDAM</u>	32
Comparaison et évaluation des méthodes	35
<u>Critères d'évaluation des méthodes</u>	35

LISTE DES TABLEAUX

<u>Méthode de traçage et dépilage pour la mine Chaabet El Hamra</u>	35
<u>La méthode des sous-niveaux foudroyés pour la mine Chaabet El Hamra</u>	36
<u>La méthode de chambre et pilier pour la mine Chaabet El Hamra</u>	37
<u>Conclusion</u>	38

CHAPITRE III : AMELIORATION DU RENDEMENT DES TIRS EN MINES SOUTERRAINE

<u>Introduction</u>	39
<u>Plan de tir au niveau du site</u>	39
<u>La foration</u>	39
<u>La foration</u>	39
<u>Le tir</u>	41
<u>Les paramètres du plan de tir utilisé dans la mine (théorique)</u>	43
<u>Les paramètres du plan utiliser dans la mine (pratique)</u>	45
<u>La quantité d'explosifs</u>	45
<u>Comparaison entre le plan de tir théorique et pratique</u>	45
<u>Nombre de trous et quantité d'explosifs</u>	45
<u>La longueur des trous</u>	46
<u>Plan de tir modifié</u>	47
<u>Le bouchon</u>	48
<u>Trous d'abattage</u>	50
<u>Les trous de contour</u>	51
<u>Model avec trous vide de 45 mm</u>	52
<u>Calcul des différents paramètres du plan</u>	52
<u>Model avec tous de 38 mm</u>	55
<u>Calcul des différents paramètres du plan</u>	55
III.8.1.2. <u>Quantité d'explosif</u>	56
<u>Résumé des paramètres des plans de tir 45 mm et 38 mm</u>	57
<u>Comparaison entre le plan utilisé dans la mine et le plan propose</u>	57
<u>Conclusion</u>	58
<u>Conclusion générale</u>	59

References Bibliographies

Les Annexes

Introduction générale

Dans le domaine de l'exploitation minière souterraine, le tir revêt une importance capitale pour optimiser l'extraction des ressources minérales. Ce mémoire de fin d'études se concentre spécifiquement sur l'amélioration du rendement de tir dans une mine souterraine, en se basant sur l'étude de cas de la mine Chaabet El Hamra.

Le premier chapitre de ce mémoire aborde les informations générales concernant la mine Chaabet El Hamra, ainsi que les conditions géologiques spécifiques qui y prévalent. Comprendre ces éléments est essentiel pour cerner les défis et les opportunités liés à l'exploitation minière dans ce site particulier. L'analyse des informations générales et des conditions géologiques servira de base solide pour l'étude ultérieure.

Le deuxième chapitre se concentre sur les travaux préparatoires et d'infrastructures nécessaires à l'exploitation minière souterraine dans la mine Chaabet El Hamra. Différentes méthodes d'exploitation sont envisagées et analysées en détail, en tenant compte des paramètres spécifiques du site. Une comparaison rigoureuse est effectuée afin de sélectionner la méthode la plus adaptée pour optimiser l'extraction des ressources minérales, en tenant compte de la productivité, de la sécurité et de la rentabilité.

Le troisième chapitre se penche sur le plan de tir actuellement mis en œuvre dans la mine Chaabet El Hamra. Une évaluation approfondie de ce plan de tir est réalisée, mettant en évidence ses avantages et inconvénients. Dans le but d'améliorer le rendement du tir, une proposition de plan de tir est formulée, en se basant sur la méthode suédoise « méthode des quatre sections ». Les paramètres clés, tels que le facteur d'explosif, le diamètre des trous de forage et l'avancement moyen, sont pris en considération pour optimiser l'efficacité du plan de tir.

Ce mémoire de fin d'études vise à explorer les différentes facettes de l'amélioration du rendement de tir dans la mine souterraine Chaabet El Hamra. En combinant une analyse approfondie des informations générales, des conditions géologiques, des travaux préparatoires et des méthodes d'exploitation avec une proposition spécifique de plan de tir, l'objectif est d'identifier des solutions pratiques et efficaces pour augmenter l'efficacité de l'extraction minière. L'application de ces améliorations potentielles permettra de maximiser l'utilisation des ressources, d'améliorer la productivité et d'assurer une exploitation minière plus rentable et durable.

Chapitre I :
Conditions géologiques et
minières du gisement de
Chaabet El-Hamra

Introduction

L'évaluation des réserves géologiques de la mine de zinc de Chaabet El Hamra a été soumise à plusieurs évaluations approfondies. Ce chapitre se concentrera sur les différentes approches utilisées dans les études géologiques appliquées au gisement zincifère de Chaabet-El-Hamra. L'identification et l'évaluation des réserves géologiques sont des éléments essentiels pour déterminer le potentiel minier d'un gisement, ainsi que pour planifier et gérer de manière efficace l'exploitation minière.

L'utilisation de différentes méthodologies et techniques permet d'obtenir une compréhension approfondie de la géologie du gisement, de la distribution des minéraux et de l'estimation des réserves disponibles.

Ce chapitre examinera les différentes approches adoptées dans ces études, mettant en évidence leurs avantages, leurs limitations et leur contribution à la connaissance du gisement de zinc de Chaabet-El-Hamra.

Présentation

Localisation géographique

Le gisement de Chaabet El-Hamra est situé à environ 250 km au Sud-Est d'Alger et à 50 km au Sud de Sétif, dans la région de Chouf-Bouarket.

Il se trouve à une distance d'environ 4,5 km d'Ain-Azel et à 12 km au Sud-Est du complexe minier de Kherzet Youssef, en considérant la distance à vol d'oiseau.

- **Coordonnées UTM-NORD SAHARA**

Tableau 1.1 : Coordonées UTM-NORD SAHARA CHAABET EL-HAMRA.

Points	A	B	C	D
X	726 900	728 500	728 500	726 900
Y	3 963 200	3 963 200	3 962 500	3 962 500



Figure I.1 : Situation géographique mine Chaabet El-Hamra [GoogleMaps].

Historique

Le gisement de Chaabet El-Hamra a été exploité de manière artisanale dans sa partie Sud-est entre 1910 et 1920, puis de 1936 à 1943 pour l'extraction de Calamines oxydés.

De 1987 à 1991, l'EREM a réalisé des travaux d'exploration dans la partie Nord-Ouest du gisement, confirmant la présence d'une minéralisation exploitable.

Au total, environ 54 000 mètres de sondages ont été effectués, permettant de définir l'allure générale du gisement et de calculer les réserves.

À la suite de l'accident survenu le 2 juin 1990, l'ENOF a remplacé l'EREM pour poursuivre l'exploitation minière de la région.

En mars 1991, l'ENOF a élaboré une étude préliminaire intitulée "Avant-projet de recherche détaillée par ouvrages miniers sur le gisement de Chaâbet-El-Hamra", dans laquelle elle a réalisé plus de 1200 mètres linéaires de travaux d'infrastructure, Ces travaux de recherche par ouvrages miniers ont permis de mieux comprendre la géologie et la structure du gisement de Chaabet El-Hamra, ainsi que les caractéristiques de la minéralisation.

Ils ont également permis de découvrir de nouveaux niveaux de minéralisation dans la partie supérieure du gisement.

Cependant, la partie inférieure du gisement reste noyée en raison de l'importance des venues d'eau et de la pente qui favorise l'accumulation des eaux dans les galeries.

Cela rend difficile l'exploitation de cette partie du gisement, qui représente pourtant une importante réserve de minerais

Des études sont en cours pour trouver des solutions techniques permettant de maîtriser les venues d'eau et d'exploiter cette partie du gisement.[1]

Géologie

Géologie régionale

Le gisement de Chaabet El-Hamra est un exemple de la richesse géologique et minéralogique de la région d'Ain Azel et des monts du Hodna en Algérie.

Il est situé dans la zone métallogénique du Hodna, qui est le raccordement tectonique de trois structures distinctes : le secteur est de l'Atlas Tellien, le secteur sud de l'Atlas saharien et le massif médian du môle de M'Lila. Cette zone est caractérisée par la présence de plusieurs types de roches et par une activité tectonique complexe qui a créé des conditions favorables à la formation de minéraux métalliques.

Le gisement de Chaabet El-Hamra fait partie du district métallogénique à Pb-Zn des monts du Hodna, qui renferme d'importantes minéralisations en plomb-zinc. Ce district métallogénique est localisé dans la région d'Ain Azel et comprend plusieurs blocs de roches de différentes natures géologiques.

Le gisement de Chaabet El-Hamra appartient aux blocs de Ain Mlila, qui sont des structures de soulèvement en forme de horst-anticlinaux résultant de l'activité tectonique de la région. et il est associé au horst de Rahbat, une zone de soulèvement importante de la région.

Les minéralisations du gisement sont principalement constituées de sulfures de plomb et de zinc, qui sont hébergés dans des roches sédimentaires et volcaniques de l'Éocène.

Ces minéralisations sont associées à des veines et à des lentilles, qui se sont formées lors de l'activité hydrothermale dans la région.

Le gisement de Chaabet El-Hamra est un exemple de l'importante richesse géologique et minéralogique de la région d'Ain Azel et des monts du Hodna en Algérie, qui sont caractérisés par des conditions géologiques favorables à la formation de minéraux métalliques.

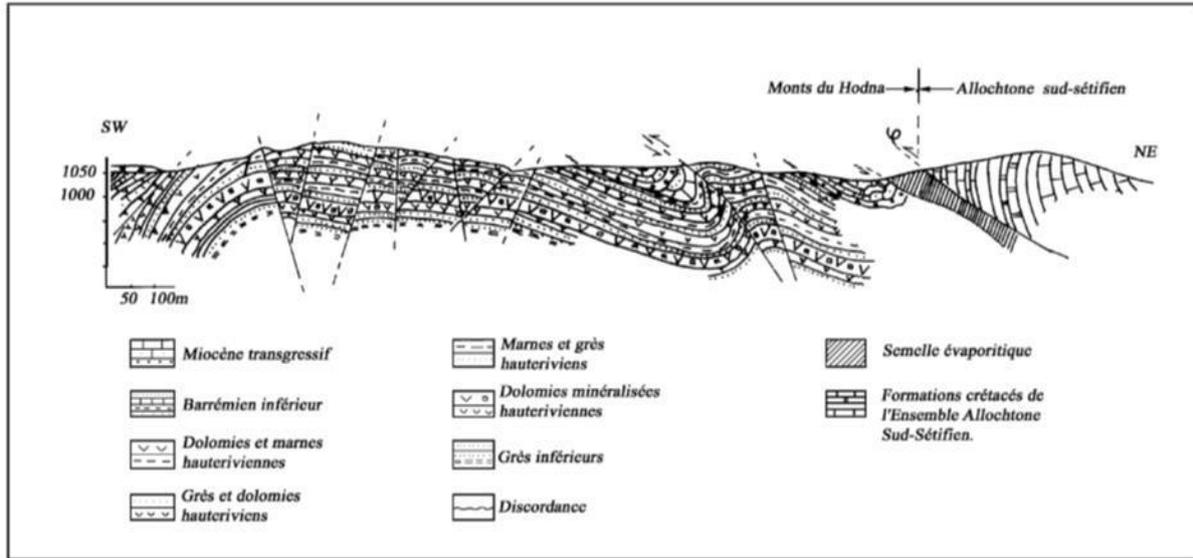
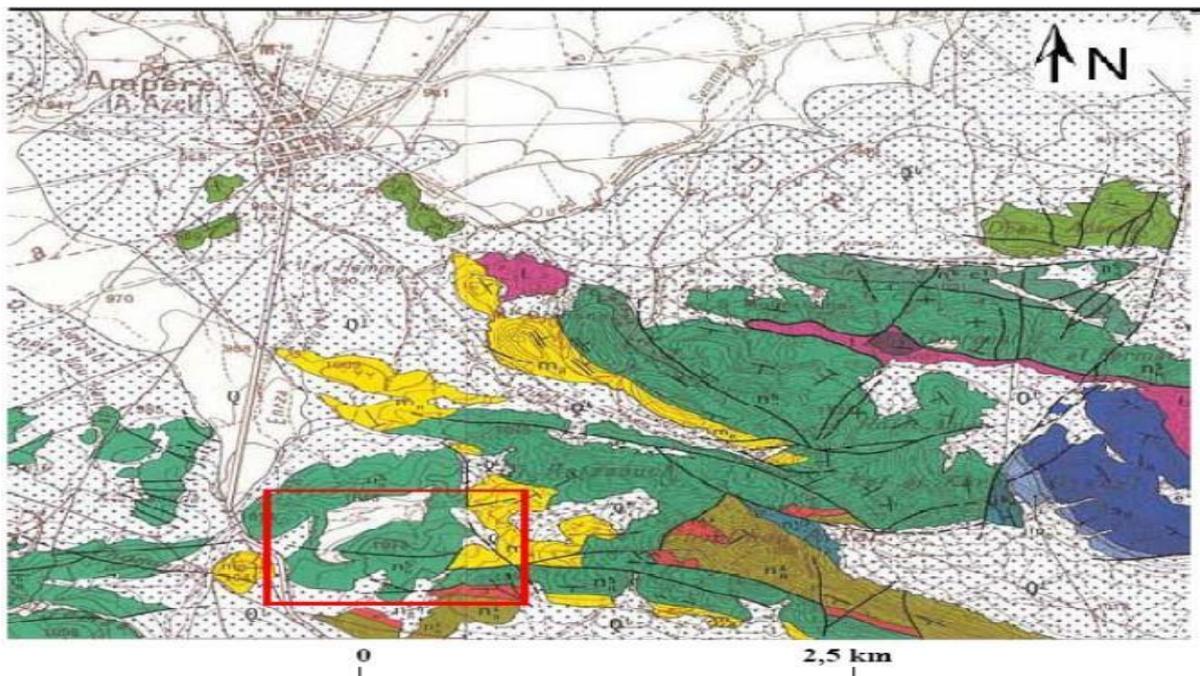


Figure I.2 : Carte Géologique Région monts Hodna [1].

I.3.1.1. Stratigraphie des monts du Hodna[1]

L'étude de la stratigraphie de la région du Hodna a révélé la présence de couches de roches sédimentaires s'étendant sur une période allant du Trias au Quaternaire.



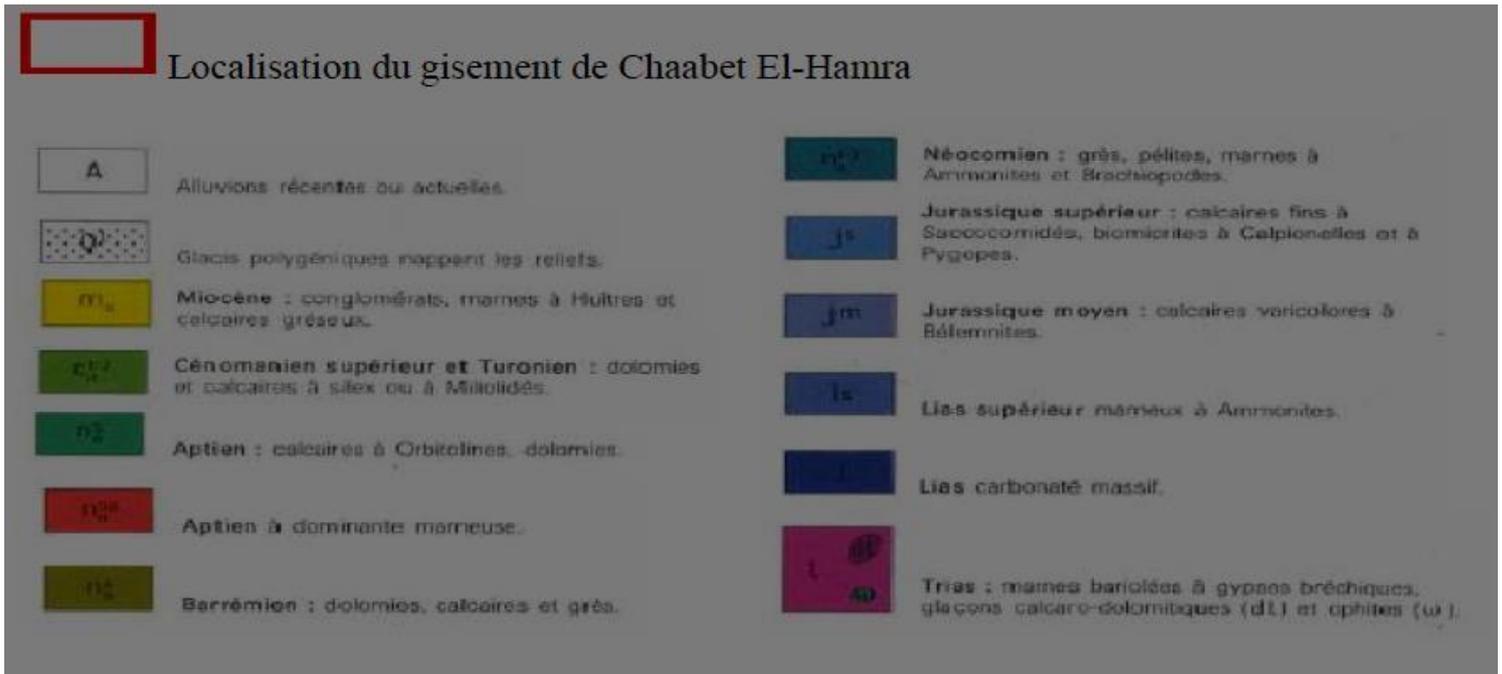


Figure I.3 : Carte Stratigraphique Région Monts Honda [15]

Le Trias se rencontre sous forme de pointements dans les zones les plus tectonisées. Il est composé de masses d'argiles bariolées accompagnées d'un chaos de roches : brèches dolomitiques, cargneules, amas de gypse, brèches de schistes micacées, avec parfois des fragments de cristallin et de roches vertes. Des lambeaux calcaro-dolomitiques bien stratifiés, attribués à la base du Lias (Rhétien ou Hettangien), sont fréquemment emballés dans le Trias.

1. Le Jurassique affleure sur des surfaces importantes à l'Est d'Ain Azel. Il comprend le Jurassique inférieur-moyen (Lias-Dogger) et le Jurassique supérieur. Le Lias-Dogger constitue l'ossature calcaro-dolomitique de plusieurs chaînes des Monts du Hodna. Le Jurassique supérieur est constitué de trois groupes : (1) un groupe grés-argileux, très réduit dans les Monts du Hodna, (2) un groupe marno-calcaire peu fossilifère et (3) un groupe carbonaté supérieur, très riche en fossiles, qui correspond au Portlandien et comprendrait une partie du Crétacé inférieur (Berriasien).

2. Le Crétacé inférieur, affleure largement dans la région. Il comprend, de la base vers le sommet : (1) une formation marno-silto-gréseuse, d'âge Berriasien supérieur et Valanginien ; (2) une formation dolomitico-gréseuse d'âge Hauterivien ; (3) une formation argilo-calcaro-gréseuse d'âge Barrémien et Aptien inférieur ; (4) une formation calcaro-marneuse à Orbitolines d'âge Aptien ; et (5) une formation calcaro-marno-gréseuse d'âge Albien.

3. **Le Crétacé supérieur** est constitué de la succession litho stratigraphique suivante : (1) des marnes et des marno-calcaires du Cénomaniens inférieur et moyen, qui se terminent par des couches très fossilifères ; (2) des calcaires et dolomies du Cénomaniens supérieur et du Turonien basal, à la base et au sommet desquels s'observent des couches à silex ; (3) des marnes et marno-calcaires à *Globotruncana helvetica* (Turonien inférieur à moyen) ; (4) des marnes à Rudistes du Turonien supérieur ; (5) des marnes et marno-calcaires du Sénonien avec intercalation de calcaires à Inocérames ; (6) des calcaires à Laffittéines du Maestrichtien.
4. **L'Eocène** est représenté par des faciès calcaires ou marno-calcaires à silex se terminant par des séries lagunaires ou parfois continentales (argilites rouges et poudingues).
5. **Le Miocène**, représenté le plus souvent par des formations continentales et lagunaires, est composé de conglomérats, grès, marnes et argiles rouges.
6. **Le Pliocène**, généralement concordant sur le Miocène, est constitué de formations détritiques, marneuses et conglomératiques.
7. **Le Quaternaire** est composé de formations continentales peu épaisses.

Géologie de gisement

I.3.2.1. Litho stratigraphie [1]

La litho stratigraphie de la région se caractérise principalement par les dépôts du Crétacé, parmi lesquels l'Hauterivien présente un intérêt majeur en raison de la présence de minéralisations.

Valanginien (n^2) : Les dépôts du Valanginien, qui sont stériles, affleurent à l'est de la faille orientale et à l'ouest du gisement. Ils se composent d'une alternance d'aleurolites grises, de grès quartzeux gris clair, de dolomies gréseuses et argileuses, ainsi que de calcaires et de marnes de teinte gris-verdâtre.

Hauterivien (n^3) : La minéralisation zincifère d'intérêt industriel est localisée dans la partie inférieure de l'Hauterivien, dont l'épaisseur varie entre 100 et 150 mètres. Cet étage peut être subdivisé en deux (2) niveaux distincts :

Hauterivien inférieur (n^{31}) : Ce niveau, d'une épaisseur totale variant de 70 à 120 mètres, est lui-même divisé en trois termes :

- n^{31a} : Ce terme est caractérisé par des dolomies grises massives à grains fins, parfois gréseuses, présentant parfois de petites inclusions et nodules de couleur blanchâtre. Dans la partie supérieure de 2 à 5 mètres du toit, on peut également trouver des calcarénites noires. Ce terme est discontinu et sa puissance est de 1 à 2 mètres.
- n^{31b} : Il est représenté par une superposition de marnes gris-verdâtres (0,5 à 2 mètres), d'aleurites gris-brun (2 à 5 mètres), de dolomies grises (2 à 10 mètres), de dolomies gréseuses (3 à 8 mètres) et de marnes bariolées (5 à 10 mètres).
- n^{31c} : Ce terme se compose principalement de dolomies à grains fins de couleur brunâtre ou fortement hématitisées, avec des nids et des filon nets d'hématite présents dans la masse dolomitique.

Hauterivien supérieur (n^{32}) : Ce niveau, dont l'épaisseur totale varie de 80 à 120 mètres, est subdivisé en cinq termes :

- n^{32a} : Il est constitué de grès, parfois en alternance avec des argiles, des marnes et des aleurolites verdâtres. À la base de cette alternance, on trouve toujours un niveau calcaire gris clair, dont une partie de 1 à 3 mètres d'épaisseur est dolomitisée.
- n^{32b} : Il est représenté par des dolomies massives à grains fins plus ou moins hématitisées.
- n^{32c} : Il se compose d'un calcaire gris argileux, parfois avec des intercalations d'argiles marneuses ou siliceuses, dont l'épaisseur varie de 10 à 15 mètres.
- n^{32d} : Il est constitué de dolomies à grains fins de couleur gris-brun, souvent argileuses, avec une épaisseur totale variant de 15 à 20 mètres.
- n^{32e} : Ce terme est caractérisé par une composition et une épaisseur irrégulières. Il est principalement représenté par des calcaires gris en alternance grossière avec des marnes et des aleurolites. Dans la partie inférieure de ce terme, les calcaires sont remplacés par des dolomies recristallisées.

Barrémien (n^4) : Le Barrémien est développé au nord-ouest et au sud du gisement, et il peut être subdivisé en deux niveaux :

a. Barrémien inférieur (n^{41}) : Ce niveau est à son tour divisé en trois termes :

- n^{41a} : Il est principalement composé de grès et de dolomies gréseuses parfois argilo-bitumineuses, avec une légère dissémination de pyrite et des passées de dolomies légèrement oxydées. L'épaisseur de ce terme varie de 40 à 60 mètres.
- n^{41b} : Il est constitué d'une alternance de dolomies marneuses massives, de marnes et de calcaires marneux, avec une épaisseur également comprise entre 40 et 60 mètres.
- n^{41c} : Il est représenté par des dolomies massives à grains fins, avec des fissures remplies d'oxydes et de calcite, et une puissance variant de 15 à 20 mètres.

b. Barrémien supérieur (n^{42}) : Ce niveau est subdivisé en quatre termes :

- n^{42a} : Il est représenté par des dolomies gréseuses, massives à grains fins ou moyens, avec souvent des fissures remplies de calcite, et vers la fin du terme, une dissémination de pyrite. L'épaisseur de ce terme varie de 20 à 30 mètres.
- n^{42b} : Il est formé de grès brun, avec une alternance d'aleurolites et d'une dolomie très gréseuse, présentant à la fin de l'intervalle un aspect broyé de la roche. La puissance de ce terme varie de 30 à 40 mètres.
- n^{42c} : Il se compose d'une alternance de dolomie gréseuse, de grès brun et d'argiles verdâtres, avec des dolomies et des grès compacts, massifs et légèrement hématitisés. Sa puissance varie de 60 à 130 mètres.
- n^{42d} : Il est constitué de dolomies gréseuses et argileuses, ainsi que de calcaire brun-violet, avec des passées d'argile verdâtre. Sa puissance est d'environ 60 mètres.

LA SERIE MINERALISEE DE CHAABET EL HAMRA Ech 1/100				
CORPS N°	COUCHE N°	LITHOLOGIE	PUISS (m)	DESCRIPTION
COROS N° 1			0.80	Grès Organogène
			0.50	Marne noire à aspect schisteux
	6		1.50	Dolomie bréchique faiblement minéralisée Dolomie à monéralisation disséminée de sphalerite
			0.20	Joint marneux
	5		2.00	Dolomie grise à minéralisation en veinules de sphalerites et nids de baryte par endroits la couche est à moitié stériles
	4		2.00	Dolomie à minéralisation disséminée de sphalerite
COROS N° 2			4 - 10	L'intercalaire stérile
			0.20	Sphalerite massive à joint argileux
	3		1.60	Dolomie à minéralisation bréchique de sphalerite
			0.40 - 2.00	Dolomie st stérile
	2		1.60	Dolomie à veines de sphalerite
			0.20	Sphalerite massive
			1.50 - 2.00	Dolomie à concrétion stérile
1			0.80	Minéralisation bréchique
			0.70	Dolomie stérile
			0.50	Sphalerite massive (par endroit toute la couche est minéralisée) Dolomie à concrétions

Figure I.4 : Litho stratigraphie.

I.3.2.2. Structure du gisement

Dans la partie inférieure du gisement, désignée par Pr10-Pr15, qui constitue le prolongement de la partie supérieure du gisement (Pr0-Pr10), on trouve un minerai zincifère composé de deux principaux corps. Le premier corps, appelé corps 1 ou supérieur, et le deuxième corps, appelé corps 2 ou inférieur, s'étendent en bandes sur une longueur de 500 m dans la direction et sur 150 m en pendage.[3]

Le minerai de cette partie du gisement est trouvé dans une dolomie poreuse ou bréchique située dans la partie inférieure de l'étage Hauterivien (Crétacé inférieur). Le toit du corps supérieur, ou corps 1, est constitué d'une dolomie à lits marneux, tandis que le mur du

corps inférieur, ou corps 2, est une dolomie massive contenant des concrétions (dolomie tachetée).[3]

Ces deux corps minéralisés sont stratiformes, subparallèles et séparés par un intercalaire composé d'une dolomie à minéralisation pauvre, parfois stérile, dont l'épaisseur varie. Il est possible que ce niveau d'intercalaire soit absent, ce qui entraîne la fusion des deux corps minéralisés en un seul corps continu de minerai. La puissance moyenne du corps 1, ou corps supérieur, est de 4,17 m, tandis que celle du corps 2, ou inférieur, est de 3,72 m. Il n'y a aucune corrélation entre l'épaisseur et la teneur du minerai, et une distribution contrastée est observée dans les corps minéralisés.

Les corps minéralisés présentent un double pendage de 10° vers le N.O. et S.O., qui devient plus important à partir du Pr14 (coupe longitudinale). Dans la partie inférieure du gisement (Pr10-Pr15), deux accidents tectoniques majeurs subparallèles sont présents : la faille diagonale et la faille latitudinale, orientées NE-SW.

La faille diagonale, située entre les Pr12 et Pr13, présente un rejet de 4 m avec un pendage d'environ 50° vers le SE. En revanche, la faille latitudinale, située entre les Pr15 et Pr16, présente un rejet de 10 m avec un pendage d'environ 60° vers le NW.

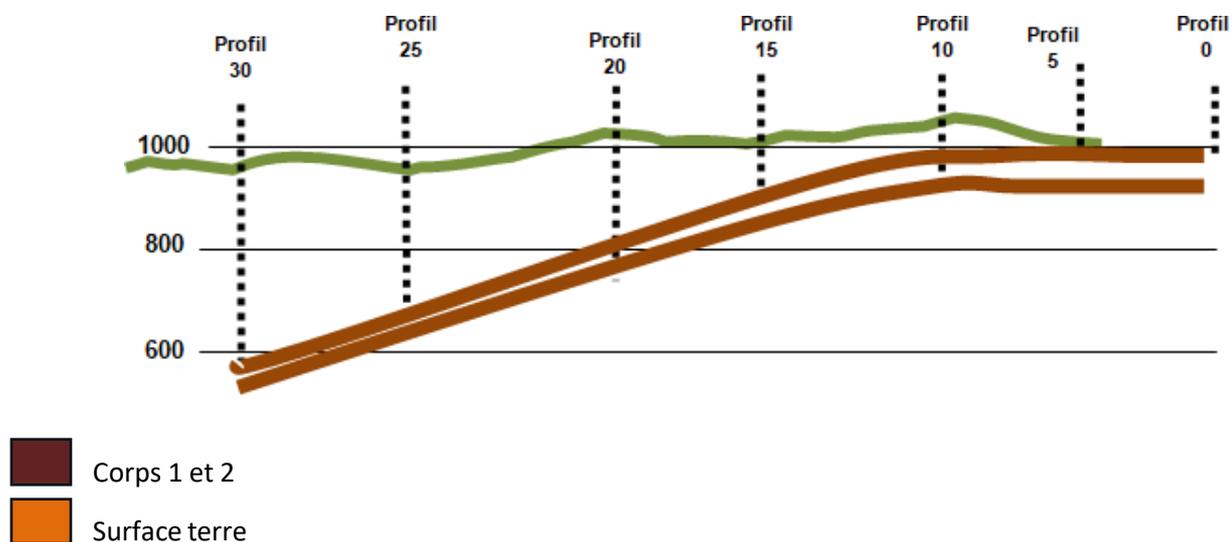


Figure 1.5 : Coupe Longitudinale Du Gisement Chaabet El-Hamra [1]

Tectonique

Le gisement de Chaâbet-El-Hamra fait partie du Horst anticlinal de Rahbat, occupant la partie extrême ouest de son flanc sud-ouest. Il présente une structure complexe et se subdivise en trois blocs distincts.

a. Bloc Est

Ce bloc est limité par trois failles sur ses côtés, tandis que le côté sud est ouvert et en contact avec les calcaires du Néogène. Sur le plan structural, ce bloc se présente sous la forme d'un brachyanticlinal, avec un pendage des flancs du pli de 10° à 15° vers le nord-est et de 15° à 20° vers le sud-ouest. Des complications locales telles que des dômes et des gradins sont présentes sur le fond général du pli. De plus, le pli est affecté par des accidents cassants, notamment :

- La faille sud : située dans le flanc sud-est du brachyanticlinal, cette faille a une direction latitudinale. Il s'agit d'une faille normale avec un rejet vertical de 100 à 120 m et un pendage vers le nord inférieur à $65-75^{\circ}$.
- La faille diagonale : elle s'étend vers le nord-est de manière subparallèle au plan axial.

b. Bloc central

Ce bloc a la forme d'un coin, dont l'angle aigu est formé par la jonction des failles centrale et latitudinale dans la partie est. La partie opposée du coin s'élargit vers l'ouest du gisement. Sur le plan structural, ce bloc central est plus complexe. Dans son ensemble, il représente un graben avec une amplitude d'affaissement de 15 à 20 m.

c. Bloc ouest

Ce bloc est situé au nord-ouest de la faille normale et est limité par des dislocations cassantes orientées est, ouest, latitudinale et centrale. Les caractéristiques des principales failles sont les suivantes :

- La faille centrale : elle s'étend du nord à l'extrémité sud, avec un pendage au sud-est inférieur à $70-75^{\circ}$ et un rejet vertical de 10 à 15 m dans sa partie nord-est. Elle traverse un chevauchement à pente douce.

- La faille latitudinale : dérivée de la faille centrale, elle se prolonge à l'ouest au-delà du gisement, avec un pendage vers le nord de 75 à 80° et un rejet vertical de 10 à 20 m.
- La faille est : également dérivée de la faille centrale, cette faille normale est orientée vers l'est avec une direction subméridienne. Son rejet vertical atteint 80 m, voire 100 m selon le plan de faille, et son pendage sud-ouest est inférieur à 65-70°.
- La faille ouest : cette faille normale émerge du dépôt quaternaire en bordure du flanc sud-est du brachyanticlinal du bloc est, puis change de direction jusqu'à 300° avant d'être coupée par la faille latitudinale. Elle forme des plaques et des coins en escalier sur une zone d'environ 70 m de large. Son pendage est vers l'est, inférieur à 70-85°, tandis que les rejets verticaux atteignent 10 m.

La partie inférieure du gisement (profil 10-15) est affectée par deux accidents tectoniques majeurs, la faille diagonale et la faille latitudinale, qui sont subparallèles et orientées nord-est/sud-ouest. La faille diagonale, située entre les profils 13, présente un rejet de 4 mètres avec un pendage d'environ 50 degrés vers le sud-est. En revanche, la faille latitudinale, située entre les profils 15 et 16, présente un rejet de 10 mètres avec un pendage d'environ 60 degrés vers le nord-ouest.[3]

La minéralisation

La minéralisation du gisement de Chaabet El-Hamra se présente sous forme de faisceaux de lentilles minéralisées, qui peuvent être composées de minéraux mono-minéraux ou mixtes. Les minéraux dominants sont principalement la sphalérite, la pyrite et la marcassite, tandis que la galène est rare et n'a pas d'importance industrielle significative.

En plus de ces minéraux principaux, on trouve également des minéraux secondaires tels que la galène et l'hématite. Les minéraux de gangue incluent la calcite, la barytine, la dolomie, et occasionnellement le quartz et le gypse (rare). Les minéraux d'oxydation les plus courants sont la smithsonite, la cérusite et la limonite.

La minéralisation de pyrite, marcassite, blende et occasionnellement de galène est étroitement liée aux roches dolomitiques de l'Hauterivien. Elle se localise indépendamment des structures tectoniques affectant cette zone porteuse de la minéralisation.

La minéralisation zincifère se présente sous forme de couches lenticulaires, regroupées en deux faisceaux stratiformes séparés par une couche de dolomie blanchâtre stérile d'une

épaisseur de 6 mètres. La galène est très rare et se développe généralement aux extrémités des lentilles, délimitant ainsi la zone zincifère de la zone baryto-pyritifère.

La sphalérite peut se présenter sous différentes formes, telles que massives, en taches de recristallisation, fissurées et bréchiques, constituant ainsi la majeure partie du minerai industriel.

Caractéristiques du minerai :

Le gisement de Chaabet-El-Hamra contient principalement de la sphalérite, qui est un sulfure de zinc (Zn) avec une teneur variable en fer (jusqu'à 25%) et en manganèse (jusqu'à 5%), ainsi que des traces de cadmium, de gallium et d'autres éléments.

Les cristaux de sphalérite ont une structure cubique et peuvent former des maclages en minces lames.

Ils ont un clivage parfait et se cassent de manière lamellaire ou conchoïdale.

La sphalérite présente un éclat résineux souvent translucide, avec des reflets rouges, verts, jaunâtres ou brun-noir.

Elle est généralement associée à des pegmatites, mais on la trouve plus fréquemment dans des filons hydrothermaux ou en imprégnation de roches sédimentaires.

Elle est souvent accompagnée de minéraux tels que la pyrite, la galène et la chalcoppyrite.

Les caractéristiques qualitatives du minerai de zinc de Chaabet-El-Hamra [1]

La sphalérite présente une teneur en zinc (Zn) de 67,1%.

Sa densité varie entre 3,5 et 3,8, et sa dureté se situe entre 5 et 6 sur l'échelle de Mohs.

Le poids volumique du minerai est de 2,8.

En ce qui concerne les roches encaissantes :

- Les dolomies franches ont une dureté de 7 à 8 ;
- Les dolomies marneuses ont une dureté de 3 à 5 ;
- Le poids volumique des roches encaissantes est de $\gamma = 2,6 \text{ kg/m}^3$

Evaluation des réserves

Les réserves du gisement de Chaabet El-Hamra, du Pr0 au Pr29, ont été évaluées en 1992 par l'EREM selon les catégories C1 et C2, en utilisant la méthode des blocs géologiques. Cette méthode définit un bloc minier en fonction de sondages qui doivent satisfaire à des critères prédéfinis de teneur pondérée et d'épaisseur moyenne pour être considérés comme du minerai exploitable. Les paramètres de calcul sont les suivants :

- Teneur minimale exploitable dans le bloc : 3%.
- Épaisseur minimale exploitable : 1 mètre, en utilisant le mètre pourcent si la puissance est inférieure.
- Puissance maximale du stérile et du minerai non exploitable à l'intérieur du contour d'évaluation : 2 mètres.
- Épaisseur moyenne : moyenne arithmétique des épaisseurs des sondages inclus dans le bloc.
- Densité moyenne :
- Corps 1 : 3,04.
- Corps 2 : 3,07.
- Maille d'évaluation :
- Catégorie C1 : ≤ 100 mètres en direction et 75 mètres en pendage.
- Catégorie C2 : > 100 mètres en direction et 75 mètres en pendage.

En raison des conditions hydrogéologiques, de la morphologie du corps minéralisé et des travaux d'exploitation déjà entrepris, les réserves du gisement de Chaâbet El Hamra peuvent être subdivisées en trois zones distinctes : [1]

Réserves géologiques par tronçon

Les réserves géologiques au niveau de ce tronçon sont calculées par la méthode des blocs géologiques avec projection du corps à l'horizontale :

- Les surfaces **S** sont calculées géométriquement sur projections horizontales.
- La puissance moyenne du bloc **E_m**, est calculée comme moyenne arithmétique des différentes puissances interceptées dans les sondages ayant défini le bloc géologique :

$$E_m = \sum \frac{E_i}{N_s} \quad (\text{I.1})$$

Où : N_s est le nombre de sondages délimitant le bloc géologique.

- Le volume des blocs est calculé par la formule :

$$V = S * E_m \quad (\text{I.2})$$

- Le tonnage au niveau du bloc est déterminé par la formule :

$$T = V * d \quad (I.3)$$

Où : **d** est la masse volumique du minerai exprimé en t/m³.

- La teneur moyenne du bloc **T_m** est déterminée par la pondération des teneurs rencontrées dans les différents sondages avec les épaisseurs correspondantes interceptées dans ces mêmes sondages par la formule :

$$T_m = \frac{\sum Ti * Ei}{\sum Ei} \quad (I.4)$$

Réserves géologiques profil 10 - profil 15 [3]

Le corps n°1 à ce niveau se présente comme suit : (voir ANNEX I)

- Il s'étend sur une longueur de 465 m et une pente modérée de l'ordre de 17.89% ; et cela depuis le sondage 299 ayant recoupé 5.10 m de minerai (de la côte 979.44 à 974.34) avec une teneur en Zinc de 1.89% jusqu'au sondage 348 ayant recoupé 1 m de minerai (de la côte 890.13.21 à 891.13 m) avec une teneur en Zinc de 4%.
- Il renferme 02 blocs géologiques soient les blocs : 1-15-C1 et 1-20-C1 avec un potentiel réserves géologiques total de l'ordre de 914 251 tonnes à 6.25% de Zinc et une épaisseur moyenne de 4.04 m.
- La méthode de calcul des réserves géologiques du corps n°1 est celle **par blocs géologiques** avec projection du corps sur le plan horizontal.

Le corps n°2 à ce niveau se présente comme suit : (voir ANNEX II)

- Il s'étend sur une longueur de 498 m et une pente modérée de l'ordre de 1.3% ; et cela depuis le sondage 299 ayant recoupé 7.3 m de minerai (de la côte 966.34 à 959.04 m) avec une teneur en Zinc de 5.04% jusqu'au sondage 329 ayant recoupé 8 m de minerai (de la côte 889.96 à 881.96 m) avec une teneur en Zinc de 3.21%
- Il renferme 02 blocs géologiques soient les blocs : 2-9-C1 et 2-20-C1 et 01 bloc 2-13-C2 avec un potentiel réserves géologiques total de l'ordre de 781 598 tonnes à 6.63% de Zinc et une épaisseur moyenne de 4.37 m
- Une extraction de 147 481 tonnes à 4.85% de Zinc depuis 2006 à 2016.

- La méthode de calcul des réserves géologiques du corps n°2 est celle **par blocs géologiques** avec projection du corps sur le plan horizontal.

Tableau I.2 : Tronçon reserve geologique profil 10-15 [3]

N° corps, bloc et catégorie de	N° des sondages	Surface du bloc (m ²)	Puissance (m)	Volum e du bloc	Masse volumiqu e (t/m ³)	Réserves du minerai	Teneur Zn (%)
Total C₁	/	128 750	4,20	540 387	3,07	1 660 986	6,43
Total C₂	/	2 950	3,80	11 210	3,11	34 863	6,18
Total C₁+C₂	/	131 700	4,19	551 597	3,07	1 695 849	6,42

Réserves exploitables restantes par tronçon

Le passage des réserves géologiques **R_G** aux réserves exploitables **R_E** se fait en fonction des taux de perte **P** et de salissure **S**.

- La détermination de la quantité des réserves exploitables se fait d'après la formule suivante :

$$R_E = R_G - R_G * (P\% - S\%) \quad (I.5)$$

- La détermination de la teneur des réserves exploitables **T_E** se fait d'après la formule suivante :

$$T_E = (R_G * T_G (100-S) \% / R_E) * 100 \quad (I.6)$$

Réserves restantes profil 10 – profil 15[3] (voir ANNEXE III et ANNEXE IV).

Tableau I.3 : Reserve Restantes Profil 10-15.

Réserves géologiques au 01/01/1992			Taux de perte (%)	Taux de salissure (%)	Réserves exploitables Au 01/01/1992		Extraction au 31/12/2016		Réserves exploitables Au 31/12/2016		
n° bloc et catégorie de réserves	Tonnage t	Teneur Zn (%)			Tonnage T	Teneur Zn (%)	Tonnage t	Teneur Zn (%)	Tonnage t	Teneur Zn (%)	
TOTAUX	B	0	0	10%	8%	0	0	0	0	44 995	5,64
	C1	1 660 985	6,43	10%	8%	1 627 765	6,03	147 481	4,85	1 435 289	6,09
	C2	34 863	6,18	10%	8%	34 166	5,80	0	0	34 166	5,80
	B+C1+C2	1 695 848	6,42	10%	8%	1 661 931	6,03	147 481	4,85	1 514 450	6,07

- Les réserves de cette partie du gisement par profil sont données ci-dessous [3].

Tableau I.4 : Réserve retenues profil 10-15.

Profil	Réserves géologiques Corrigées	Teneur %	Perte	Salissage	Réserves Récup	Teneur (%)	Teneur corrigé e%
Total Pr 10	5 245	8,34	10%	8%	5 125	7,68	5,49
Total Pr 11	27 225	6,29			26 655	5,63	4,03
Total Pr 12	235 018	7,82			230 357	7,19	5,14
Total Pr 13	75 367	7,26			73 853	6,68	4,78
Total Pr 14	299 796	8,13			293 847	7,49	5,36
Total Pr 15	77 639	7,78			76 063	7,16	5,12
Total 10-13	342 855	7,58	10%	8%	335 990	6,9	4,94
Total 10-14	642 651	7,84			629 837	7,18	5,14
Total 10-15	720 290	7,83			705 900	7,21	5,16

Hydrogéologie

Le complexe minier de "Chaâbet El Hamra" est situé dans une région où les conditions hydrogéologiques sont complexes et difficiles.

Les formations géologiques du gisement sont principalement constituées de dépôts du Crétacé inférieur, qui se composent principalement de calcaire-dolomitique à gréseux, avec des alternances de formations argileuses

Le substratum est principalement formé d'une formation marneuse du Valangénien. Ces formations calcaires-dolomitiques d'Hauterivien ont favorisé le développement d'un aquifère fissural constitué de carbonates.

Situation initial du niveau hydrostatique (côte 972)

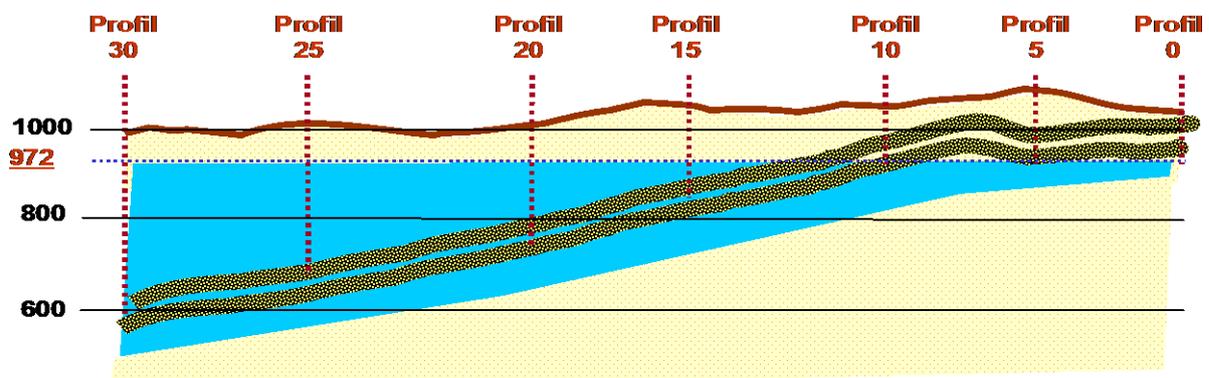


Figure I.6 : Situation Hydrostatique [2].

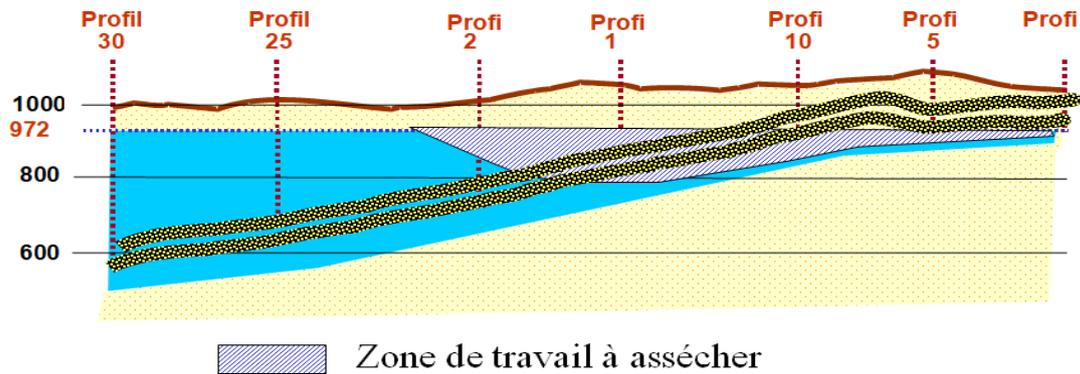


Figure 1.7 : Zone de travail à assécher.

Les travaux de prospection géologique menés par l'ORGM et l'ENOF ont indiqué la probable existence d'une nappe d'eau souterraine en profondeur. L'exploitation du minerai de Chaâbet El Hamra a nécessité des études hydrogéologiques qui ont été réalisées et ont confirmé la présence d'eau. Une étude de l'ENOF a recommandé la réalisation de 5 forages et 3 piézomètres de contrôle.[1]

La réalisation d'un forage et d'un piézomètre par l'ENOF, ainsi que de quatre forages par l'ANRH, a confirmé les résultats théoriques et validé l'approche hydrogéologique proposée.[1]

Les nouvelles données obtenues au niveau du champ captant, suite à la réalisation du piézomètre dans la mine et le Pz 02 au profil 13, ont permis d'obtenir une meilleure compréhension de la situation hydrogéologique du gisement de Chaâbet El Hamra.

Ces nouvelles données ont révélé le rabattement du niveau d'eau au profil 13, où le niveau dynamique se situe à -17,70 m par rapport au niveau de la minéralisation à la fin de l'année 2016. Une fois la mise à niveau du champ captant achevée, dans un délai de sept (07) mois à partir de juillet, avec la gestion transférée à l'ENOF, le pompage effectif reprendra avec les nouvelles capacités de cinq (05) forages, fonctionnant simultanément 24 heures sur 24, à un débit prévu de 90 l/s, dans le but de rabattre, dans un premier temps, jusqu'au Pr13 (déjà rabattu). Cette opération nécessitera un suivi continu et des interventions rapides en cas de panne, afin de maintenir le pompage en marche en respectant les délais fixés pour atteindre ce niveau de gisement, puis ultérieurement le Pr15.

La mise à niveau du champ captant de Chaâbet El Hamra, comprenant la réalisation de six nouveaux forages et de leur station de pompage, la réhabilitation des forages existants et l'acquisition d'un groupe électrogène, permettra une nette amélioration du rabattement, tout en maintenant un fonctionnement continu, 24 heures sur 24, avec un débit de 90 l/s.

Cependant, la réalisation de deux nouveaux piézomètres, l'un au profil 13 et l'autre entre les profils 13 et 14, permettra :

- De mieux comprendre le comportement hydrodynamique des failles situées à proximité des emplacements des piézomètres ;
- D'obtenir des données supplémentaires pour une meilleure définition de la piézométrie sur l'ensemble du gisement ;
- De prendre une décision définitive quant à l'emplacement des forages complémentaires.

Il convient de souligner qu'une expertise est actuellement en cours réalisée par un bureau d'études technique allemand, l'IMC. Cette expertise vise à élaborer un modèle mathématique du gisement de Chaâbet El Hamra.

Conclusion :

L'étude approfondie de la géologie du gisement de plomb/zinc de Chaabet El Hamra révèle des caractéristiques minéralogiques et structurales essentielles à la compréhension de la formation de ce gisement. Les réserves évaluées selon la méthode des blocs géologiques fournissent des indications précieuses sur le potentiel économique de cette ressource.

La minéralisation du gisement se présente sous forme de lentilles minéralisées, principalement composées de sphalérite, de pyrite et de marcassite, avec des occurrences plus rares de galène. Les minéraux de gangue comprennent la calcite, la barytine, la dolomie, le quartz et occasionnellement le gypse. Les minéraux d'oxydation tels que la smithsonite, la cérusite et la limonite sont également présents.

Les données hydrogéologiques, notamment celles obtenues grâce aux piézomètres et au dénoyage du profil 13, sont cruciales pour évaluer la situation hydrodynamique du gisement. Ces informations permettront d'optimiser les opérations d'exploitation minière, en prenant en compte les contraintes liées à la présence de l'eau et en élaborant des stratégies de dénoyage appropriées.

Dans les chapitres suivants, l'intégration des résultats des études géologiques permettra de développer une méthode d'exploitation spécifique au gisement de plomb/zinc de Chaabet El Hamra. Ces études seront également essentielles pour améliorer le plan de tir, en optimisant la localisation des zones minéralisées et en maximisant la récupération des minéraux.

Chapitre II :
Processus d'exploitation la
mine chaabet el Hamra

Introduction

Le chapitre 2 de ce mémoire se concentre sur l'exploitation minière dans la mine Chaabet El Hamra, en mettant l'accent sur les méthodes d'exploitation proposées, y compris la méthode de traçage et de dépilage ainsi que l'utilisation des sous-niveaux foudroyés. De plus, une troisième méthode, la méthode chambre et pilier, a été proposée par SIDAM et sera également examinée dans ce chapitre. L'objectif est de trouver la méthode la mieux adaptée aux paramètres spécifiques du site afin d'assurer une exploitation minière efficace et économique.

Après avoir exploré les aspects géologiques et les réserves minérales dans le chapitre précédent, nous nous pencherons désormais sur les travaux pratiques nécessaires pour extraire efficacement et économiquement ces ressources précieuses. La mine Chaabet El Hamra est renommée pour ses gisements riches en minerais, notamment le zinc, qui joue un rôle essentiel dans l'industrie. L'exploitation minière dans cette mine exige une planification minutieuse et une coordination précise des opérations afin de maximiser la récupération des minéraux tout en garantissant une exploitation durable.

Nous commencerons ce chapitre en examinant les différentes phases de l'exploitation minière dans la mine Chaâbet El Hamra, en mettant l'accent sur les travaux d'infrastructure nécessaires. Ces travaux comprennent la mise en place d'ouvrages essentiels qui facilitent l'accès aux zones d'exploitation, garantissent la sécurité des travailleurs et permettent la circulation des équipements nécessaires.

Nous aborderons en détail les méthodes d'exploitation spécifiques, telles que le traçage et le dépilage, qui consistent à tracer des coupes horizontales et verticales dans le minerai pour faciliter son extraction, ainsi que l'utilisation des sous-niveaux foudroyés, qui implique la création de galeries horizontales intermédiaires pour optimiser la récupération des minéraux.

Nous analyserons également la méthode chambre et pilier proposée par SIDAM. Cette méthode implique la création de chambres souterraines remblayées avec des piliers laissés en place pour soutenir le toit. Nous évaluerons les avantages et les inconvénients de cette méthode en fonction des paramètres spécifiques de la mine Chaâbet El Hamra.

En prenant en compte les paramètres spécifiques du site de Chaâbet El Hamra, nous proposerons une méthode d'exploitation adaptée. Cette proposition sera fondée sur une évaluation approfondie des caractéristiques géologiques, tout en tenant compte des aspects

économiques, environnementaux et de sécurité. Notre objectif est de présenter la méthode d'exploitation optimale qui répondra aux exigences du site.

Découpage des blocs et plan d'exploitation dans la partie inférieure du profil (10-15) de la mine Chaabet El Hamra

Le projet d'exploitation du gisement de Chaâbet El Hamra sur le tronçon Profil 10-Profil 15 implique une méthode de découpage des blocs de réserves exploitables en panneaux d'exploitation. Cette approche permet une exploitation efficace et systématique du gisement. Voici les détails concernant ce mode d'ouverture :

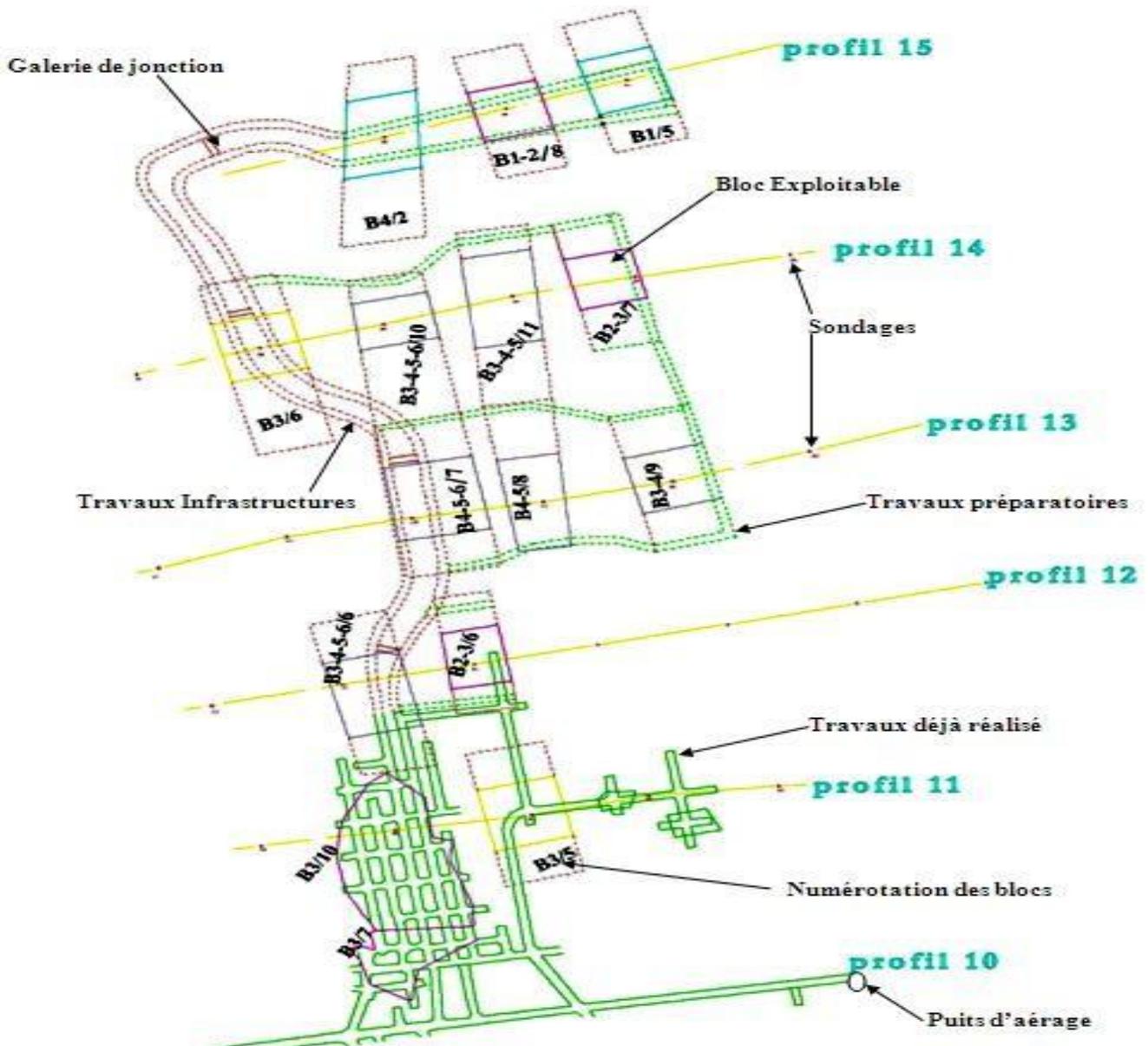


Figure II.1 : Plan de travaux préparatoires et infrastructures [15].

Découpage en panneaux d'exploitation

a) Corps N°1 :(voir ANNEXE VI)

Sur le tronçon Profil 10-Profil 15, le corps de minerai n°1 est constitué de deux blocs géologiques de qualité C1 :

- Le bloc 1-15-C1 renferme un potentiel de réserves géologiques d'environ 463 101 tonnes, avec une teneur en zinc de 4,92%. Les réserves exploitables de ce bloc sont estimées à environ 453 839 tonnes, avec une teneur en zinc de 4,62%. Pour assurer une exploitation optimale, ce bloc sera divisé en 19 panneaux d'exploitation.[3]
- Le bloc 1-20-C1 présente un potentiel de réserves géologiques d'environ 451 150 tonnes, avec une teneur en zinc de 7,61%. Les réserves exploitables de ce bloc sont estimées à environ 442 127 tonnes, avec une teneur en zinc de 7,14%. Ce bloc sera subdivisé en 17 panneaux d'exploitation.[3]

b) Corps 2 :(voir ANNEXE V)

Le tronçon Profil 10-Profil 15 comprend également le corps de minerai n°2, composé de deux blocs géologiques de qualité C1 et d'un bloc géologique de qualité C2 :

- Le bloc 2-9-C1 renferme un potentiel de réserves géologiques d'environ 358 216 tonnes, avec une teneur en zinc de 6,01%. Les réserves exploitables de ce bloc sont estimées à environ 351 052 tonnes, avec une teneur en zinc de 5,64%. Afin de garantir une exploitation efficace, ce bloc sera divisé en 15 panneaux d'exploitation.[3]
- Le bloc 2-13-C2 présente un potentiel de réserves géologiques d'environ 34 863 tonnes, avec une teneur en zinc de 6,18%. Les réserves exploitables de ce bloc sont estimées à environ 34 166 tonnes, avec une teneur en zinc de 5,80%. Ce bloc sera subdivisé en 3 panneaux d'exploitation.[3]
- Le bloc 2-20-C1 renferme un potentiel de réserves géologiques d'environ 388 518 tonnes, avec une teneur en zinc de 7,24%. Les réserves exploitables de ce bloc sont estimées à environ 380 748 tonnes, avec une teneur en zinc de 6,80%. Pour une exploitation optimale, ce bloc sera divisé en 15 panneaux d'exploitation.[3]

Tableau II.1 : Découpage des panneaux d'exploitation.

N°Corps	N°bloc géol.	Réserves exploitables	Travaux préparatoires		Abattage	Perte en piliers	Extraction	Teneur en Zn	Explosifs (kg)		
			Galerie		Tonnes	Tonnes	Tonnes	%	TP	Abattage	Total
		Tonnes	ml	Tonnes							
1+2	1-15-C1	453 839	1 685	62 075	335 938	55 826	398 013	4,62	67 400	369 531	436 931
	1-20-C1	442 127	1 680	61 891	326 856	53 379	388 747	7,14	67 200	359 542	426 742
	2-9-C1	203 570	1 152	40 090	124 942	38 538	165 032	5,64	46 080	137 436	183 516
	2-13-C2	34 166	330	12 316	17 691	4 160	30 006	5,80	13 200	19 460	32 660
	2-20-C1	380 748	1 552	58 479	278 379	43 890	336 858	6,80	62 080	306 216	368 296
Total	5	1 514 449	6 399	234 851	1 083 805	195 793	1 318 656	6,07	255 960	1 192 185	1 448 145

Les réserves exploitables dans les corps 1 et 2 de la partie inférieure du profil (10-15) de la mine Chaabet El Hamra s'élèvent à 1 514 449 tonnes. Cependant, une partie de ces réserves, soit 195 793 tonnes, représentant 12,92% du total, sera laissée en piliers. La décision de récupérer ces réserves lors de la phase finale (rabbattant) dépendra d'une étude technico-économique qui évaluera les coûts de remise en état des lieux conformément aux exigences de la loi minière.[3]

Plan d'exploitation

Le plan d'exploitation de la mine Chaabet El Hamra s'articule autour des étapes suivantes :

Travaux préparatoires

Cette phase consiste en la réalisation de travaux préparatoires afin de préparer les panneaux d'exploitation pour l'extraction ultérieure du minerai. Les détails des travaux préparatoires sont les suivants :

- La préparation des panneaux n°10, 11, 12, 13, 14 et 15 du bloc géologique 2-9-C1 nécessite la réalisation de 645 m de préparation, permettant d'extraire environ 22 446 tonnes à une teneur en zinc de 5,64%.

PROCESSUS D'EXPLOITATION LA MINE CHAABET EL HAMRA

- La préparation des panneaux n°19, 20, 21 et 22 du bloc géologique 2-20-C1 nécessite la réalisation de 428 m de préparation, permettant d'extraire environ 16 127 tonnes à une teneur en zinc de 6,80%.

Au total, les travaux préparatoires permettront d'extraire environ 38 573 tonnes à une teneur en zinc de 6,12%. [3]

Travaux d'abattage

Les travaux d'abattage consistent à extraire le minerai des panneaux d'exploitation préparés lors de la phase précédente. Voici les détails de ces travaux :

- Les panneaux n°10, 11, 12, 13, 14 et 15 du bloc géologique 2-9-C1 seront abattus de manière alternée et partielle pour maintenir la stabilité des ouvrages miniers jusqu'à la phase finale de "rabattant". Environ 14 955 tonnes à une teneur en zinc de 5,64% seront extraites de ces panneaux.
- Les panneaux n°19, 20, 21 et 22 du bloc géologique 2-20-C1 seront préparés pour l'abattage lors des exercices ultérieurs. [3]

Tableau II. 2 : Déroulement de plan d'exploitation 2017 [3].

N°bloc géologique	N°panneau	Réserves récupérables au 31/12/2016		Extraction 2017		Réserves préparées au 31/12/2017	
		Tonnage t	Teneur Zn (%)	Tonnage t	Teneur Zn (%)	Tonnage t	Teneur Zn (%)
2-9-C 1	10	14 482	5,64	8 570	5,64	5 912	5,64
	11	6 617		2 332		4 285	
	12	10 862		10 862		0	
	13	18 338		5 290		13 048	
	14	15 736		6 358		9 378	
	15	10 618		3 990		6 628	
	Total	76 653		37 401		39 252	
2-20-C1	19	23 015	6,80	5 238	6,80	17 777	6,8
	20	25 093		3 768		21 325	
	21	20 400		3 994		16 406	
	22	23 028		3 127		19 901	
	Total	91 536		16 127		75 409	
Total		168 188	6,27	53 528	5,99	114 660	6,40

Environ 53 528 tonnes de tout venant seront extraites à partir des travaux préparatoires et des travaux d'abattage. De plus, une quantité de réserves d'environ 114 660 tonnes, avec une teneur en zinc de 6,40 %, sera préparée pour l'extraction.

Résultats de l'exploitation

Le programme d'exploitation est basé sur l'utilisation mensuelle de 5 000 kg d'explosifs, conformément aux autorisations en vigueur (250 kg par rotation et 20 rotations par mois). À la fin du processus d'exploitation, il est prévu d'obtenir environ 5 142 tonnes de produit fini, avec un taux de récupération estimé à 85% et une teneur en concentré de zinc de 53%. [3]

Cette approche de découpage en panneaux d'exploitation permettra une exploitation méthodique et optimale du gisement de Chaâbet El Hamra, en assurant une extraction efficace des réserves exploitables tout en maintenant la stabilité des ouvrages miniers.

Méthodes d'exploitation

Traçage Et Dépilage

La méthode proposée par la mine Chaabet El Hamra pour l'exploitation des couches minéralisées de faible puissance (≤ 5 mètres) est le traçage et dépilage. Cette méthode repose sur le creusement de chambres parallèles appelées "traçages", séparées par des piliers d'une largeur de 12 mètres. Les piliers sont exploités de manière séquentielle pour extraire le minerai.

Le processus d'exploitation des piliers se déroule comme suit : une enlevure de 4 mètres de large est réalisée à 4 mètres des éboulements, laissant un rideau entre les éboulements et l'enlevure. Ce rideau est ensuite partiellement exploité en traçant une refonte, laissant ainsi subsister 2 piliers résiduels. Ces piliers résiduels sont réduits en taille et dynamités, permettant ainsi de récupérer le minerai. Cette dernière étape entraîne l'effondrement du toit de la chambre. Les piliers résiduels jouent un rôle essentiel dans la stabilisation du toit, en contrôlant la distance entre les fronts d'exploitation et la ligne de cassure des éboulements. Cette ligne de cassure doit être orientée de 35° à 45° par rapport aux fronts et se situe à plusieurs mètres du dernier pilier résiduel.

Le dépilage se poursuit en rabattant l'exploitation des piliers en fonction de l'épaisseur de la couche minéralisée. Les pertes lors de l'exploitation sont généralement estimées entre 10% et 15%. [4]

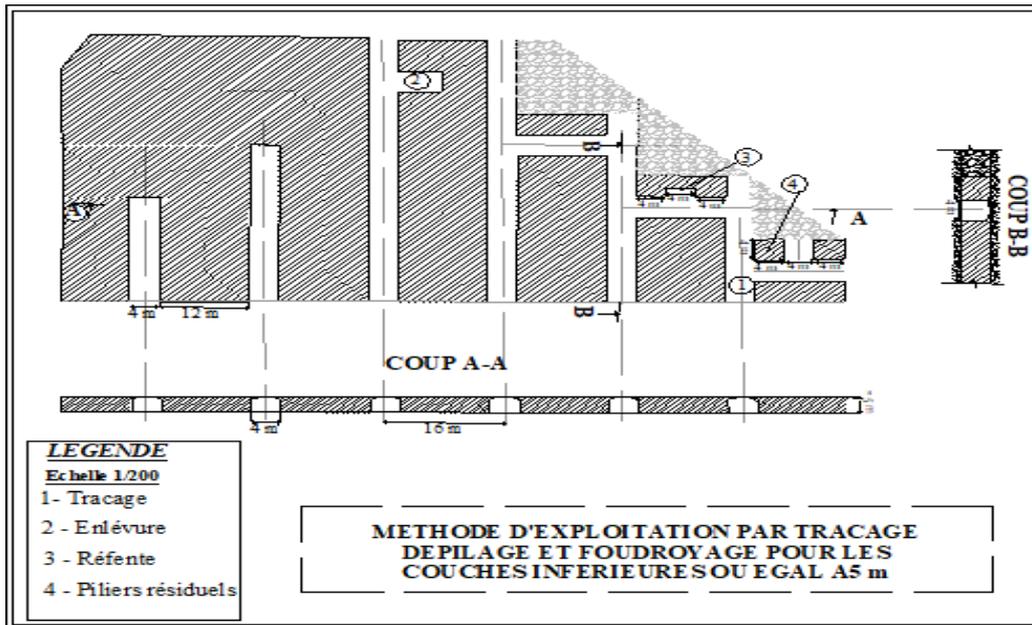


Figure II.2 : Méthode D'exploitation Par Traçage Et Dépilage [2].

Cette méthode présente certains avantages, tels que ;

- Sa simplicité d'application et sa facilité de mise en œuvre, ce qui en fait une méthode reconnue.
- La présence de multiples fronts d'attaque permet d'assurer une productivité élevée.

Les inconvénients de cette méthode :

- La principale difficulté réside dans l'aération du chantier, qui peut poser des problèmes en raison de la configuration des chambres et des piliers.
- La méthode de foudroyage utilisée peut entraîner des problèmes de dilution, ce qui peut affecter la qualité du minerai extrait.

En développant cette méthode, la mine Chaabet El Hamra vise à optimiser l'exploitation des couches minéralisées de faible puissance, en tenant compte des contraintes techniques spécifiques à la mine. Des mesures d'aération et de gestion de la dilution peuvent être mises en place pour minimiser les impacts négatifs et maximiser l'efficacité de l'exploitation minière.

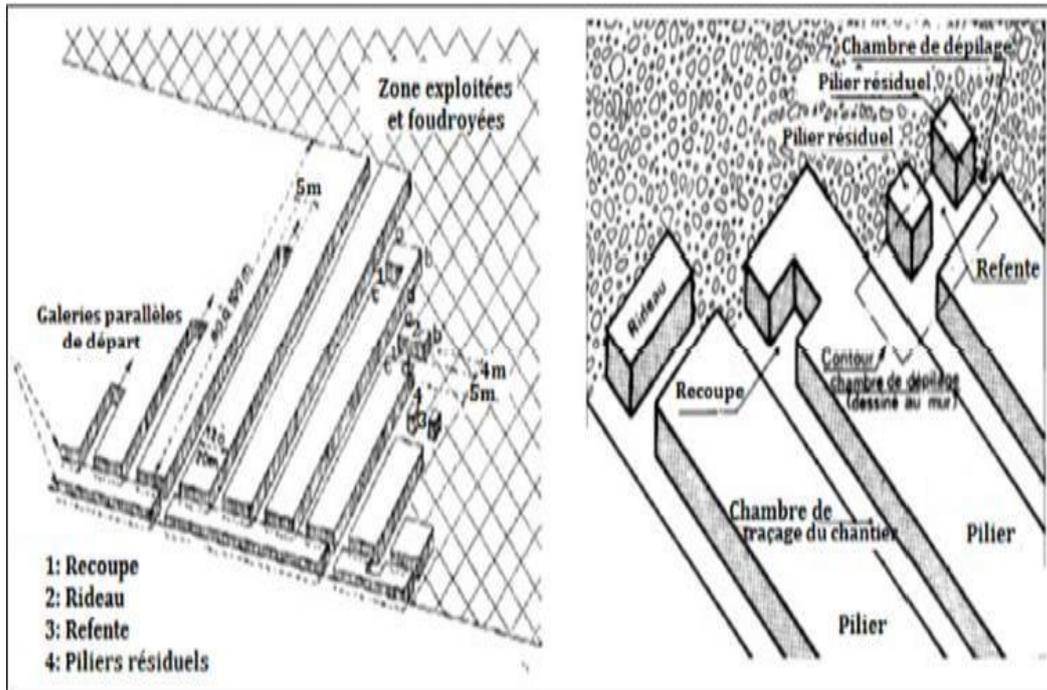


Figure II.3 : Méthode D'exploitation Par Traçage Et Dépilage.

Sous-niveaux foudroyés

Cette méthode est adaptée aux couches minéralisées dont la puissance est supérieure à 5 mètres [4]. Elle consiste à creuser une série de chambres parallèles distantes de 12 mètres, toutes creusées dans le même sens, afin d'obtenir de longs piliers de 12 mètres de largeur. Les piliers sont exploités de la manière suivante :

Au bout de chaque traçage (chambre parallèle), une cheminée est percée du mur au toit, couvrant toute la puissance du corps minéralisé. Ensuite, une ouverture en fente d'environ 2 mètres de large est pratiquée perpendiculairement au traçage, servant de surface libre pour les tirs d'explosifs. Le soutirage du minerai commence par le tir d'une ou deux rangées de trous de mines profonds, percés en éventail à l'aide d'une machine de foration. Après avoir abattu une ou deux tranches, le minerai est chargé, et l'opération de soutirage est arrêtée lorsque les pierres de foudroyage apparaissent. Le soutirage des différentes chambres du bloc est réalisé de manière à ce que la zone de foudroyage soit séparée de la masse en place par une ligne brisée, orientée généralement de 35° à 45° par rapport à la direction des chambres.

Ce mode opératoire permet de placer les chantiers de soutirage en zone fortement déconsolidée, mais en dehors de la zone de surcontraint située à l'intérieur du massif. Cette méthode, qui nécessite des équipements appropriés, est simple, productive, avec des pertes de minerai de l'ordre de 10% et un salissage variant de 8 à 10%.

PROCESSUS D'EXPLOITATION LA MINE CHAABET EL HAMRA

L'exploitation par sous-niveaux foudroyés s'applique aux gisements moyennement à fortement pentus et de grande profondeur. Le minerai doit être de nature à pouvoir être fragmenté à l'explosif en blocs maniables. La méthode entraîne l'éboulement du toit et l'affaissement des terrains de couverture (roches stériles).

Pour l'application de cette méthode, plusieurs paramètres doivent être pris en compte, notamment les caractéristiques du minerai (il doit être moyennement dur), les caractéristiques de la roche encaissante (qui doit s'effondrer facilement), la forme du gisement (de préférence tabulaire et régulière d'un niveau à l'autre), le pendage du gisement (moyennement à fortement pentu), et les dimensions du gisement (puissance, profondeur, longueur et hauteur).

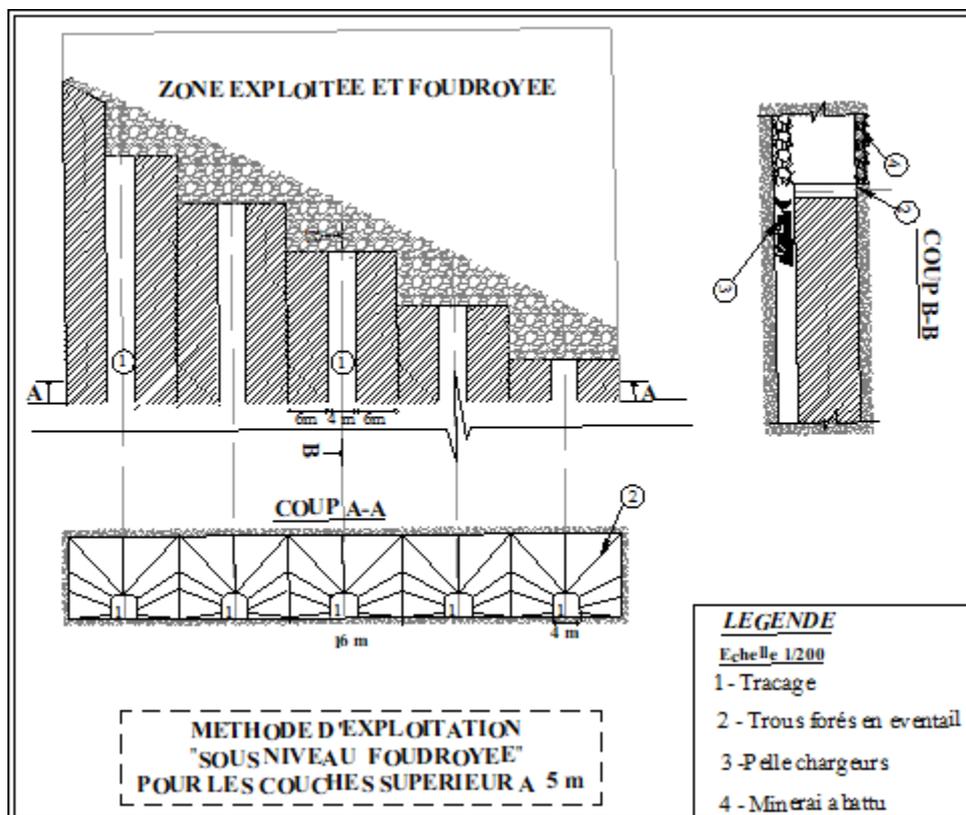


Figure II.4 : Méthode D'exploitation Sous Niveau Foudroyés [2].

Les travaux préparatoires sont importants, avec le traçage de galeries d'accès dans le gisement à des intervalles verticaux rapprochés. Une fois les préparatifs terminés, des trous profonds verticaux sont forés au plafond des galeries, et le tir de mines fragmente la roche, qui tombe verticalement sur le mur du sous-niveau inférieur. Le déblocage progresse, et les matériaux foudroyés, mélange de minerai et de stériles, sont évacués.

Avantages

- Taux de production élevé ;
- Une bonne concentration des travaux, plusieurs points de chargement ;
- Une bonne salubrité et sécurité ;
- Une bonne adaptabilité à la mécanisation.

Inconvénients

- Forte dilution lors du chargement ;
- Une consommation d'explosifs élevée ;
- L'évacuation de stériles provenant des creusements et des ébranlements des terrains environnants qui peuvent causer des affaissements en surface ;
- Le coût de développement est élevé.

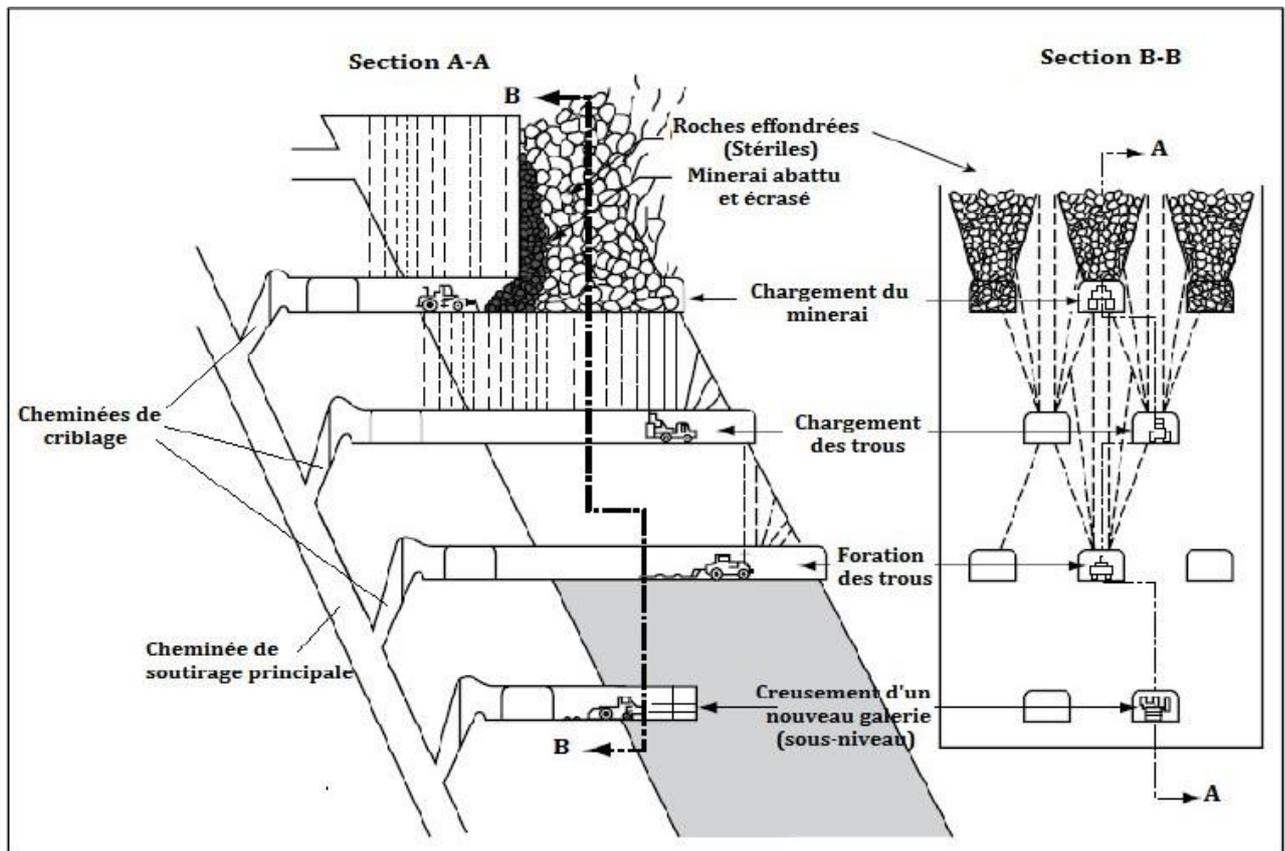


Figure II.5 : Méthode D'exploitation Sous Niveau Foudroyés.

Méthode proposée par SIDAM

La méthode proposée par SIDAM, un bureau canadien, est celle de l'abattage par chambres et piliers avec remblayage par les rejets stériles de l'usine de traitement. Dans cette méthode, le sable stérile produit par l'usine de traitement serait transporté de Kherzet-Youcef à Chaâbet-el-Hamra à l'aide de camions utilisés pour le transport du T.V.

La méthode d'exploitation par Chambres et Piliers est adaptée aux gisements horizontaux ou à faible pendage[5], tels que les plateaux dont l'angle de pente ne dépasse pas 30 degrés. Cette approche est couramment utilisée pour exploiter les dépôts lités sédimentaires

Tels que le charbon, le sel, la potasse, les shales cuprifères et les craies. Elle est caractérisée par une épaisseur moyenne des gisements, généralement autour de 10 mètres.

Le principe de cette méthode repose sur l'ouverture de chambres (stopes ou rooms) tout en laissant des piliers (pillars) entre elles. Les piliers peuvent prendre différentes formes, qu'ils soient circulaires, carrés ou murs longitudinaux. Lors de la phase de clôture de l'exploitation, les chambres sont remblayées ou foudroyées.

Le développement de l'exploitation se déroule en deux phases : le traçage (drifting) et le dépilage (stopping). Des recoups (cross-cuts) et des rideaux (long pillars) sont utilisés pour exploiter les piliers. Trois techniques sont utilisées en fonction de l'angle de pendage : la méthode horizontale pour les gisements (sub)horizontaux, la méthode inclinée pour les pendages compris entre 20° et 30°, et la méthode en marche d'escalier (step mining) qui adapte la méthode horizontale aux gisements inclinés. Mais elle est principalement utilisée pour les formations d'origine sédimentaire telles que la potasse, le sel, le fer et la bauxite, avec un pendage n'excédant pas environ 20 degrés [5].

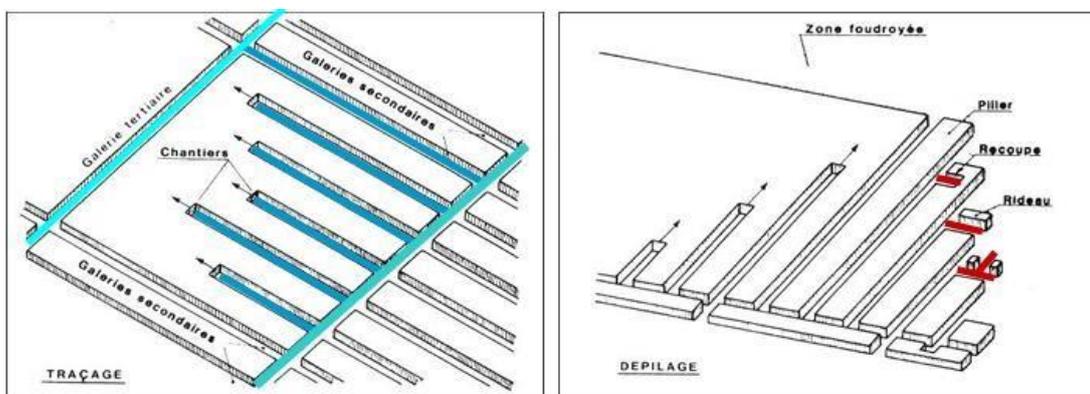


Figure II.6 : Phases de développements méthode d'exploitation chambre et pilier [4].

L'exploitation par Chambres et Piliers peut être appliquée à tous les types de gisements, Cette méthode est particulièrement adaptée aux mines de faible profondeur, atteignant généralement quelques centaines de mètres.

Le minerai est extrait en réalisant des forages suivis de tirs de mines pour fragmenter et dégager la partie à extraire. Cela crée des chambres vides séparées par des piliers de minerai conservés en place, qui soutiennent temporairement les terrains sus-jacents et maintiennent la stabilité globale de la mine.

Deux variantes de l'exploitation par Chambres et Piliers sont identifiées :

- 1) L'exploitation par chambres et piliers abandonnés.
- 2) L'exploitation par traçage et dépilage.

Conditions d'application de la méthode

La méthode convient aux roches dures telles que le calcaire, la dolomite et les métaux (zinc, cuivre, or, etc.). Les principales conditions à prendre en compte incluent une bonne stabilité du minerai et des roches encaissantes (toit), des gisements présentant une forme tabulaire ou lenticulaire avec une épaisseur allant de 2 à 30 mètres[4],

Un pendage généralement inférieur à 30 degrés par rapport à l'horizontale, et une qualité du minerai variant de faible à bonne. En général, la profondeur du gisement ne dépasse pas 700-800 mètres.

Travaux préparatoires

Pour les gisements d'une puissance inférieure à 5 mètres, la méthode consiste à tracer des chambres d'une largeur de 4 à 5 mètres, en laissant des piliers de 4 mètres de largeur et 12 mètres de longueur entre elles. Ensuite, une partie des piliers est récupérée en les rabattant par le creusement d'une refonte de 4 mètres au milieu du pilier. Cela permet de laisser des piliers d'une section de 16 m² pour supporter le toit sur une section de 64 m². L'emplacement, la forme et les dimensions des piliers, ainsi que leur fréquence, dépendent d'une étude géotechnique basée sur les caractéristiques du gisement et de l'exploitation. Il convient de noter que cette méthode entraîne un taux élevé de perte de minerai, généralement estimé entre 15% et 20%. Les piliers abandonnés peuvent contenir une minéralisation riche, ce qui augmente le tonnage de perte de métal.

Travaux d'abattage

Le front de taille est attaqué en utilisant des forages et des tirs de mines, de manière similaire au percement des galeries. La largeur et la hauteur du front correspondent aux dimensions de la galerie, qui peuvent être assez importantes.

Avantages :

- Méthode d'exploitation facile à mettre en œuvre ne nécessitant pas un personnel hautement qualifié ;
- Méthode d'exploitation n'entraînant pas d'affaissement de surface pour les mines profondes ;
- Méthode d'exploitation adaptée aux toits raides qui ne supportent pas le foudroyage.

Inconvénients :

- Lorsque la profondeur augmente, le taux de défruitement (rapport entre la surface de matériau exploité et la surface de matériau initial, dans un plan parallèle aux épontes) diminue rapidement. Par conséquent, cette méthode convient aux gisements de faible profondeur.
- Cette méthode peut être utilisée pour exploiter les zones minéralisées en protégeant les installations en surface, telles que les agglomérations.

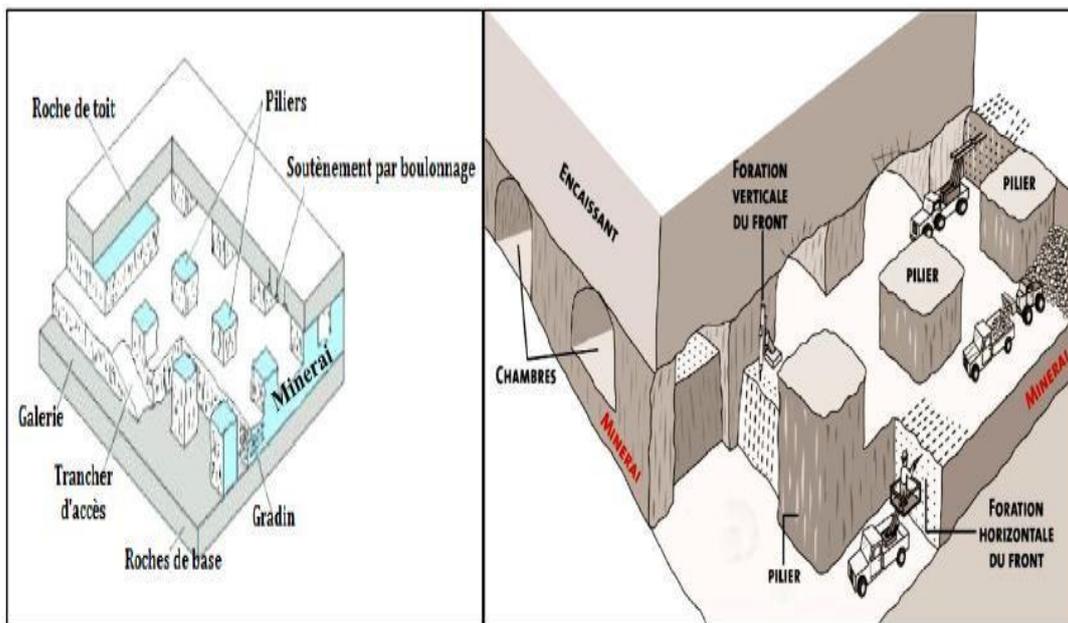


Figure II.7: Méthode chambre et pilier [4].

Comparaison et évaluation des méthodes

La sélection de la méthode d'exploitation minière est une étape cruciale pour garantir l'efficacité, la stabilité, la rentabilité et la durabilité de l'exploitation. Chaque méthode a ses propres caractéristiques, avantages et inconvénients, qui doivent être évalués en fonction des besoins et des conditions de la mine.

Critères d'évaluation des méthodes

Paramètre du gisement :

- Epaisseur, profondeur ;
- Pendage ;
- Dureté de la roche.

Rendement et efficacité :

- Taux de récupération du minerai ;
- Productivité et débit d'extraction ;
- Utilisation optimale des ressources (énergie, eau, etc.).

Stabilité et sécurité :

- Stabilité des galeries et des piliers ;
- Risques géotechniques (affaissement, éboulement, etc.) ;
- Sécurité des travailleurs et des installations.

Coûts et rentabilité :

- Investissement initial et coûts d'exploitation ;
- Rentabilité économique à court et long terme ;
- Coûts de remise en état et de réhabilitation.

Méthode de traçage et dépilage pour la mine Chaabet El Hamra

La méthode de traçage et dépilage s'avère particulièrement compatible avec les caractéristiques de la mine Chaabet El Hamra. Cette approche est spécialement adaptée aux couches minéralisées de faible puissance[4], c'est-à-dire celles dont l'épaisseur est généralement inférieure à 5 mètres[4]. Dans le contexte de cette mine, deux corps distincts, à

savoir le corps n°1 et le corps n°2, sont identifiés comme étant propices à l'application de cette méthode.

Le corps n°1 s'étend sur une longueur de 465 mètres, présentant une pente modérée d'environ 17,89%. Il est constitué de deux blocs géologiques, Ces blocs affichent une teneur moyenne en zinc d'environ 6,25% avec une épaisseur moyenne de 4,04 mètres

De son côté, le corps n°2 s'étend sur une longueur de 498 mètres, présentant une pente modérée d'environ 1,3%. Il est composé de trois blocs géologiques, Ces blocs affichent une teneur moyenne en zinc d'environ 6,63% avec une épaisseur moyenne de 4,37 mètres.

De par leur faible puissance et leur caractère géologique propice, ces corps minéralisés de la mine Chaabet El Hamra sont parfaitement compatibles avec la méthode de traçage et défilage. Cette méthode offre une mise en œuvre relativement simple et se distingue par la possibilité de créer plusieurs fronts d'attaque, garantissant ainsi une productivité accrue lors de l'exploitation minière.

Cette méthode présente également quelques inconvénients potentiels, tels que les difficultés liées à l'aération du chantier et les problèmes de dilution, étant donné qu'elle fait partie des méthodes de foudroyage.

La méthode des sous-niveaux foudroyés pour la mine Chaabet El Hamra

La méthode des sous-niveaux foudroyés est une approche adaptée aux couches minéralisées de la mine Chaabet El Hamra, notamment pour les corps n°1 et n°2. Cette méthode présente des avantages, mais elle comporte également des inconvénients spécifiques à prendre en considération.

Les avantages de cette méthode. Elle permet d'atteindre un taux de production élevé, ce qui favorise une exploitation minière efficace. De plus, elle offre une bonne concentration des travaux, ce qui facilite la gestion des opérations minières sur le terrain. Les nombreux points de chargement qu'elle propose contribuent également à optimiser le processus de transport du minerai extrait. Sur le plan de la salubrité et de la sécurité, la méthode des sous-niveaux foudroyés est considérée comme appropriée pour la mine Chaabet El Hamra.

Les inconvénients spécifiques de cette méthode et de la situation de la mine chaabet el hamra. Il y a une forte dilution lors du chargement, ce qui entraîne un mélange de stériles et de minerai. De plus, l'utilisation d'une grande quantité d'explosifs est nécessaire, ce qui peut entraîner des coûts élevés. L'évacuation des stériles provenant du creusement des plans inclinés, des passages au mur et des recoupes est également un défi à relever.

Une autre considération importante est que les matériels de foration utilisés dans la mine Chaabet El Hamra peuvent ne pas être compatibles pour les trous profonds. Cela peut limiter l'efficacité de la méthode des sous-niveaux foudroyés dans certains cas.

Il convient de souligner que la mine a des capacités limitées. Vous avez mentionné que la mine dispose d'une quantité d'explosifs mensuelle autorisée de 5 000 kg[3], répartis en 250 kg par rotation et environ 20 rotations par mois. De plus, il y a des contraintes financières qui peuvent limiter les ressources disponibles pour l'exploitation minière.

Bien que la méthode des sous-niveaux foudroyés présente des avantages en termes de production élevée et de concentration des travaux, il est essentiel de prendre en compte les inconvénients liés à la forte dilution, à la consommation élevée d'explosifs, à l'évacuation des stériles et aux contraintes matérielles et financières spécifiques à la mine Chaabet El Hamra. Une évaluation approfondie de ces facteurs est nécessaire pour déterminer la compatibilité et l'efficacité de cette méthode dans ce contexte particulier.

La méthode de chambre et pilier pour la mine Chaabet El Hamra

La méthode de chambre et pilier est une option à considérer pour l'exploitation de la mine Chaabet El Hamra. Elle présente certains avantages, mais il y a également des inconvénients spécifiques à prendre en compte.

Les avantages de cette méthode. Elle est très facile à mettre en œuvre et ne nécessite pas un personnel hautement qualifié, ce qui facilite sa mise en place. De plus, elle n'entraîne pas d'affaissement de surface pour les mines profondes, ce qui est un avantage en termes de préservation de la surface et des installations environnantes. Elle convient également aux toits raides qui ne permettent pas l'utilisation de la méthode de foudroyage.

Les inconvénients à prendre en compte. Lorsque la profondeur de la mine augmente, le taux de défrêtement, qui représente le rapport entre la surface de matériau exploité et la surface de matériau initial, diminue rapidement. Par conséquent, cette méthode convient principalement aux faibles profondeurs. De plus, l'utilisation de la méthode de chambre et pilier avec remblayage par les rejets stériles de l'usine de traitement a été envisagée, mais elle n'a pas été retenue en raison de son coût élevé, qui pourrait compromettre la rentabilité du projet. Cette méthode nécessite également un transport de sable stérile de l'usine de traitement à la mine Chaabet El Hamra, ce qui peut entraîner des contraintes logistiques supplémentaires.

La méthode de chambre et pilier a été écartée au profit de deux méthodes déjà utilisées lors de l'exploitation de la partie supérieure du gisement. Ces méthodes ont été jugées plus

adaptées à la morphologie du gisement, à la puissance de la minéralisation, à sa qualité et à son pendage.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons examiné les différentes méthodes d'exploitation proposés par les études antérieures à savoir : étude de SIDAM et celle de l'entreprise ENOF. En mettant l'accent sur trois méthodes spécifiques : le traçage et dépilage, les sous-niveaux foudroyés et la chambre et pilier. Chacune de ces méthodes présente des avantages et des inconvénients qui doivent être soigneusement évalués pour déterminer la méthode la plus appropriée pour la mine en question.

La méthode de traçage et dépilage est particulièrement adaptée aux couches minéralisées de faible puissance, avec des avantages tels qu'une mise en œuvre simple et une productivité élevée. Cependant, elle présente des inconvénients tels que des difficultés d'aéragé du chantier.

Le choix de la méthode d'exploitation minière pour la mine Chaabet El Hamra dépendra de plusieurs facteurs, tels que la puissance des couches minéralisées, la morphologie du gisement, la qualité des minerais, les contraintes environnementales et les contraintes économiques. Une évaluation approfondie de ces facteurs est essentielle pour déterminer la méthode la plus compatible et rentable pour l'exploitation minière à long terme dans cette mine.

La méthode choisit pour l'exploitation de la mine de châabet el hamra sera la méthode de traçage et dépilage à cause de sa productivité la plus élevé, en plus les conditions de la mine avec des couches (<5m) dans le cas général.

CHAPITRE III :
AMELIORATION DU
RENDEMENT DES
TIRS
EN MINES
SOUTRAINES

Introduction

Le plan de tir désigne la stratégie préalablement établie pour effectuer les explosions contrôlées nécessaires à l'extraction minière. Il s'agit d'un processus minutieusement planifié et exécuté pour fragmenter et détacher les roches afin de faciliter leur extraction.

L'importance du plan de tir dans une mine souterraine est multiple. Les explosions dans une mine souterraine comportent des risques inhérents, tels que les éboulements, les émanations de gaz et les effets de souffle. Un plan de tir bien conçu prend en compte ces risques et vise à les minimiser, assurant ainsi la sécurité des travailleurs. Il contribue à l'efficacité de l'opération minière.

Une fragmentation adéquate des roches facilite leur extraction ultérieure, réduisant ainsi les coûts et les délais associés à l'activité minière. Un bon plan de tir permet également de maximiser le rendement du gisement en optimisant l'extraction des minéraux.

Plan de tir au niveau du site

La foration

La foration dans la mine souterraine de Chaabet el Hamra est réalisée grâce à l'utilisation d'un marteau perforateur pneumatique de type YT29A pour l'extraction de zinc-plomb. Cette machine de forage de roche à jambes d'air à haut rendement est fixée sur un support solide, généralement un bras de forage, afin de maintenir sa stabilité pendant le processus.

L'opération de forage est effectuée par un mineur qualifié accompagné d'un aide mineur. Une fois en place, l'opérateur active le marteau perforateur YT29A, qui utilise un mécanisme de frappe à percussion pour transmettre une force d'impact élevée sur le foret. Le foret utilisé, d'un diamètre de 38 mm, est enfoncé dans la roche en effectuant des mouvements rotatifs combinés à des coups répétés.

Grâce à la puissance pneumatique de l'YT29A, ces actions combinées permettent de briser efficacement la roche, créant ainsi un trou de forage d'une profondeur de 1,60 mètre. La performance du marteau perforateur YT29A est particulièrement remarquable dans le cas des couches de roche dure, facilitant ainsi les opérations d'extraction ultérieures du zinc-plomb.

Une fois le forage terminé, le trou ainsi créé peut être utilisé pour diverses opérations minières liées à l'extraction du zinc-plomb. Cela peut inclure l'insertion de charges explosives pour le dynamitage contrôlé de la roche environnante afin de faciliter l'extraction du minerai.

Le marteau perforateur pneumatique YT29A joue donc un rôle essentiel dans le processus de foration souterraine dans la mine de Chaabet el Hamra, offrant des performances élevées, une efficacité accrue et une sécurité améliorée lors des opérations de dynamitage et de forage. Son utilisation permet d'optimiser la productivité et la rentabilité de l'extraction de zinc-plomb dans cette mine souterraine.

Caractéristiques du marteau perforateur YT29A

– Avantages du marteau perforateur YT29A :

Puissance de frappe : Le marteau perforateur YT29A est capable de générer une puissance de frappe élevée, ce qui permet de percer efficacement les couches de roche dure dans les mines souterraines.

Fiabilité et robustesse : Cet outil est conçu pour résister aux conditions minières exigeantes, avec une construction solide et des composants durables qui lui confèrent une grande fiabilité.

Polyvalence : Le marteau perforateur YT29A peut être utilisé pour diverses tâches de forage, telles que la création de trous pour l'insertion d'explosifs ou l'installation de systèmes de soutènement.

Contrôle de la profondeur du trou : Grâce à la conception et à la manipulation précise du marteau perforateur YT29A, il est possible de contrôler la profondeur du trou de forage avec une grande précision, répondant ainsi aux exigences spécifiques de l'exploitation minière.

– Inconvénients du marteau perforateur YT29A :

Taille et poids : Le marteau perforateur YT29A peut être relativement volumineux et lourd, ce qui peut rendre son transport et son maniement plus difficiles pour les mineurs.

Nécessité d'une source d'alimentation : Pour son fonctionnement, le marteau perforateur YT29A nécessite une source d'alimentation en air comprimé, ce qui implique l'utilisation d'équipements supplémentaires et la disponibilité d'une infrastructure adéquate dans la mine.

Vibrations et bruit : Comme tout outil de forage, le marteau perforateur YT29A génère des vibrations et du bruit pendant son utilisation, ce qui peut entraîner une fatigue accrue pour les opérateurs et nécessiter des mesures de protection et de prévention des risques.

Tableau III.1 : Caractéristiques du marteau perforateur YT29A [6].

Poids (kg)	27
Diamètre du cylindre (mm)	82
Course de piston (mm)	60
Pression d'air de travail (bar)	3.5-5
Energie d'impact (a 5 bar) (j)	≥70
Consummations d'air (a 5 bar) (l/s)	≤65
Fréquence de percussion (a 5 bar) (Hz)	≥37
Diamètre des trous de forage (mm)	34-45
Diamètre des trous percés (m)	1.20-1.60

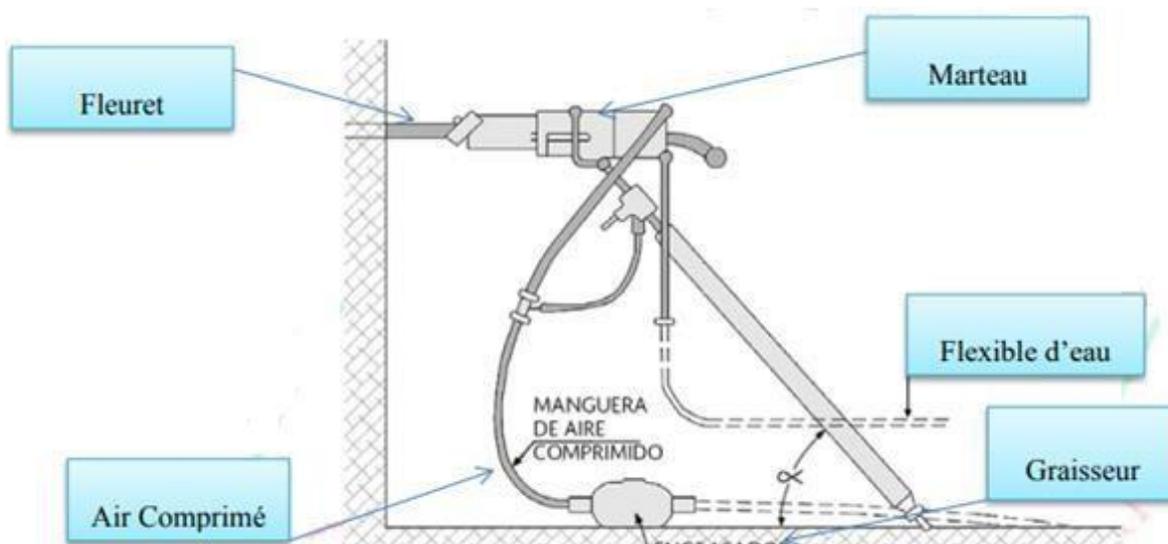


Figure III. 1 : Composons du marteau perforateur YT29A.

Le tir

La mine Chaabet el Hamra utilise la Gelanit comme explosif pour ses opérations minières. La Gelanit est un explosif puissant et largement utilisé dans l'industrie minière en raison de ses propriétés favorables, ces caractéristiques

Tableau III.2 : Caractéristiques de l'explosif GELANIT.

La longueur de la cartouche	30cm
Diamètre	30mm
Résistance à l'eau	Très bonne
Densité	1.5g/cm ³
Vitesse de détonation	5800 m/s
Coefficient de self excitation	18
Volume gaz	733 L/kg
Coefficient RWS	85 %

Pour chargement de tir on l'utilise 1 kg d'explosif de type gelanit pour le bouchon et l'abattage, ainsi que 0.75 kg pour le contour.

III.2.2.1. Le déroulement du chargement :

Chargement du bouchon et l'abattage, une quantité de 1 kg de gelanit est utilisée. L'explosif est introduit dans le trou de forage de manière à optimiser la fragmentation. Le bourrage est réalisé pour assurer un bon confinement de l'explosif dans le trou de forage. Le contour est chargé avec une quantité de 0.75 kg de gelanit. Les cartouches d'explosif sont placées de manière appropriée, en suivant les recommandations du plan de tir. Le bourrage est également effectué pour garantir un confinement adéquat de l'explosif.

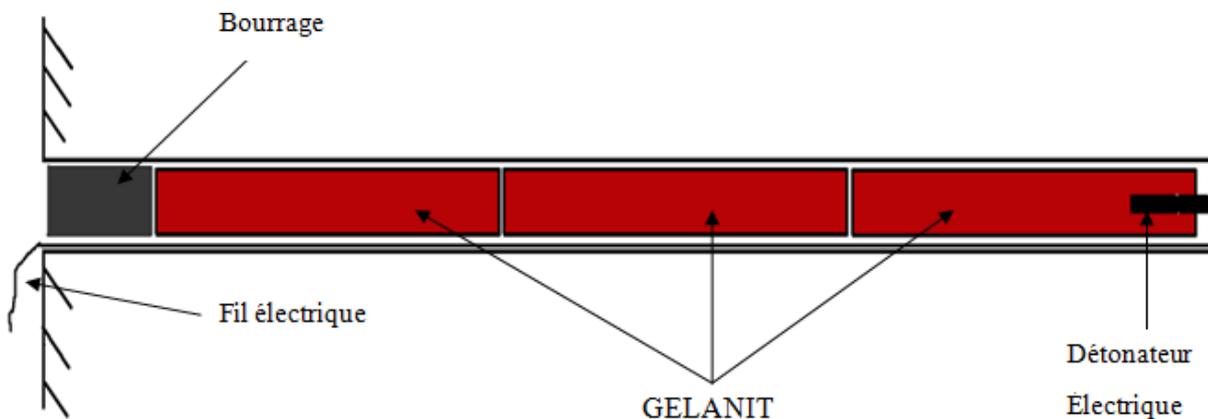


Figure III.2 : Coupe longitudinale du trou chargé.

Détonateur est conçu pour introduire un délai avant l'amorçage des autres charges explosives. Cela permet d'assurer une séquence contrôlée d'explosion et une fragmentation efficace de la roche. Le détonateur est correctement fixé au-dessus de la première cartouche.

III.2.2.3. Le circuit de détonations

Le circuit en série est utilisé pour relier les détonateurs électriques retardateurs des différentes cartouches. Le détonateur de la première cartouche est connecté aux autres détonateurs du bouchon et du contour. Cette configuration permet une propagation linéaire de l'explosion, assurant ainsi un abattage efficace. Le fil de détonation est utilisé pour connecter les détonateurs électriques retardateurs du circuit en série. Il présente une résistance de 1.8 ohms et un courant de 1 mA. Ces valeurs sont prises en compte pour assurer une transmission adéquate du signal électrique et une synchronisation précise de l'explosion.

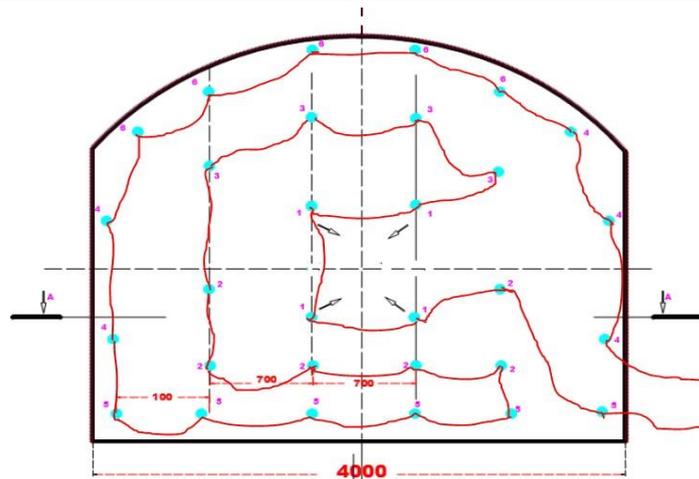


Figure III.3 : Circuit de détonation.

Les paramètres du plan de tir utilisé dans la mine (théorique)

Le plan de tir dans la mine Chaabet El hamra comprend un total de 30 trous, avec 4 trous destinés au bouchon, 10 trous d'abattage et 16 trous pour le contour. La section de front est évaluée à 12 m², et un avancement de 1 m permettrait d'extraire environ 36 tonnes de minerai [3].

Ils utilisent :

1 kg d'explosif dans les trous de bouchon et d'abattage :

- Bouchons : 1kg*4 trous = 4kg ;
- Abattage : 1kg *10 trous = 10 kg ;
- Bouchons + abattage = 14 kg.

Et 0.75 kg dans les trous de contour :

- 0.75kg*16 trous = 12 kg.

Pour un front de taille de 12m² avec 30 trous la quantité totale d'explosif utilise est :

$$14\text{kg} + 12\text{ kg} = 26\text{ kg.}$$

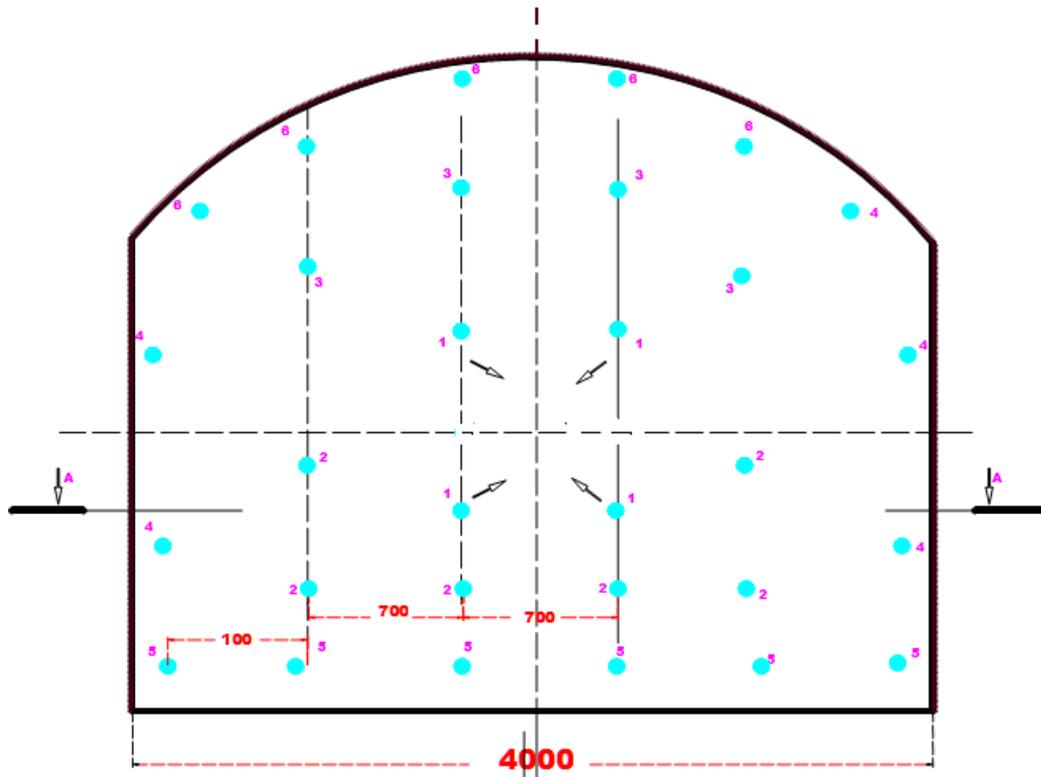


Figure III.4 : Plan de tir théorique [6].

Les trous de bouchons c'est pour créer une surface libre, les trous d'abattage sont destinés à la fragmentation de la roche et du minerai. Les trous de contour sont utilisés pour contrôler la forme de la paroi de la section et pour garantir une fragmentation efficace du minerai.

La méthode dans ils ont calculé le nombre de trous [7] :

La formule :

$$N_t = \frac{e * q * S}{d_c^2 * \Delta * K_r} \quad (III.1)$$

Avec :

e : puissance ou capacité relative de l'explosif. Pour le gélanit = 1.27

S : Section de l'ouvrage en m².

q : Consommation spécifique de l'explosif en kg/m³.

d_c : diamètre de la cartouche est de 30 mm.

Δ : densité de l'explosif utilisé est de 1450 kg/m³ pour le gélanit

K_r : Coefficient de remplissage des trous en explosif pour le gélanit est de 0.6

D'où

$$N_t = \frac{1.27 * 1.5 * 12}{0.03 * 1450 * 0.6} = 29.16$$

On prend N_t = 30 trous.

Les paramètres du plan utiliser dans la mine (pratique)

Dans le cas réel de la mine Chaabet El Hamra, le plan de tir comprend 28 trous au total. Parmi ces trous, 4 sont destinés au bouchon, 10 sont utilisés pour l'abattage, et 14 sont dédiés au contour.

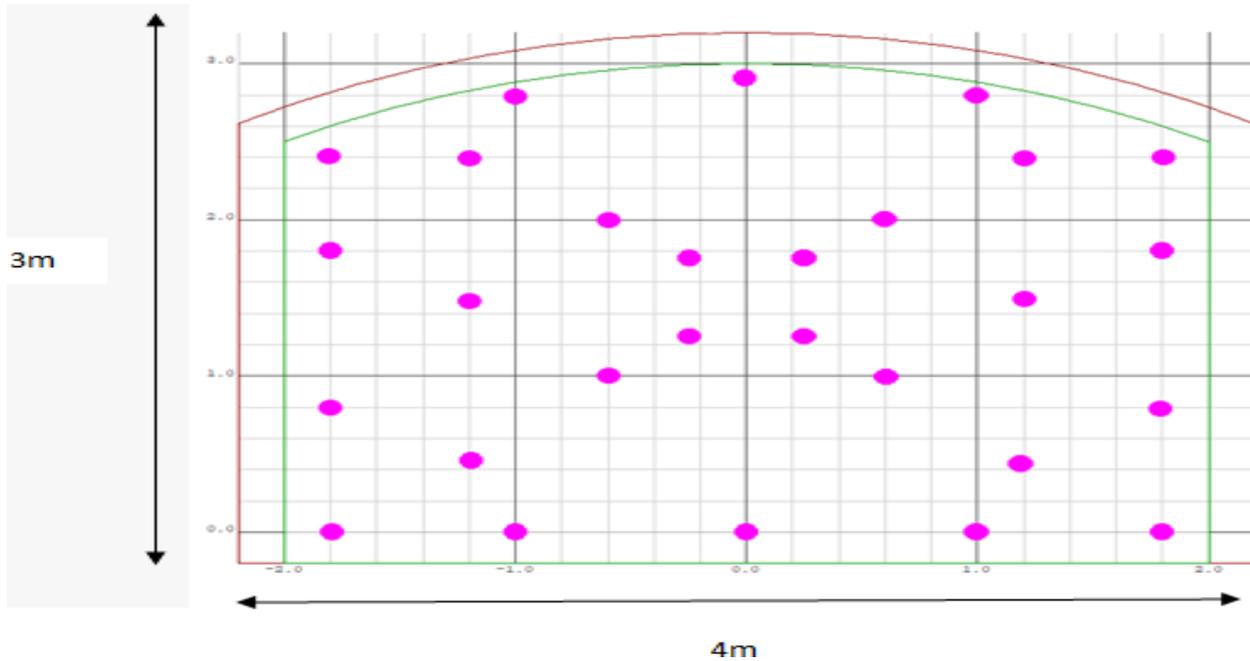


Figure III .5 : Plan de tir pratique au niveau de la mine.

› La quantité d'explosifs

Dans le cas réel la quantité d'explosif utilise est comme suit :

1kg pour les trous de bouchon et d'abattage :

Bouchon : $1\text{kg} \times 4 \text{ trous} = 4 \text{ kg}$;

Abattage : $1 \text{ kg} \times 10 \text{ trous} = 10 \text{ kg}$;

Bouchon + abattage = 14 kg.

Et 0.75 kg pour les trous de contours :

Contour : $0.75\text{kg} \times 14 = 10.5 \text{ kg}$.

Pour 28 trous dans le plan de cas réel la quantité d'explosifs utilisé est de : 24.5kg.

Comparaison entre le plan de tir théorique et pratique

Nombre de trous et quantité d'explosifs

Le nombre de trous le cas réel est inférieure a celui du cas théorique, la quantité d'explosifs aussi et qui est un point positif au niveau économique.

Amélioration du rendement des tirs en mine souterraine

Tableau III. 2 : Nombres de trous et quantité d'explosif entre le plan tir théorique et pratique dans la mine CEH

	Nombre de trous totaux	Quantité d'explosifs
Plan de tir (théorique)	30	26
Plan de tir (pratique)	28	24.5

La longueur des trous

Dans le cas réel de la mine Chaabet El Hamra, les mesures de la longueur du trou varient, alors cela signifie que la longueur du trou réelle est différente de la longueur théorique de 1,6 mètre.

Tableau III.3 : La longueur des trous entre le plan tir théorique et pratique au niveau de la mine CEH.

Trou	Théori e	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Longueur (m)	1.6	1.20	1.22	1.30	1.32	1	1.05

➤ La longueur moyenne des trous est : 1.18 m

L'avancement

Après les mesures sur terrain de l'avancement dans différents fronts de taille constater que l'avancement diffère de l'avancement théorique qui est normalement de 1 mètre jusqu'à 1.2 mètres.

Tableau III.4 : L'avancement dans le plan de tir pratique et théorique dans la mine CEH.

Front	Théori	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Avancement (m)	1-1.2	0.60	0.32	0.23	0.31	0.70	0.36

La moyenne d'avancements est : 0.42 m, c'est environ 42% de l'avancement théorique.

On a pour 1 m d'avancement permettrait d'extraire environ 36 tonnes de minerai

Et on a :

Un avancement moyen de 0.42 m

Donc :

$$\frac{(0.42 * 36)}{1} = 15.12t$$

Pour un avancement de 0.42m on aura 15.12 tonnes de minerai. Ce tableau résume les paramètres du plan réel utilisé.

Tableau III.5 : Résumé des paramètres du plan de tir réel dans la mine CEH.

Paramètres	
La longueur des trous	1.18 (m)
L'avancement	0.42 (m)/42%
Quantité de manierai extrait (\pm)	15.12 tonnes
Nombre de trous	28
Quantité d'explosifs	24.5 kg
Type d'explosif	GELANIT
Diamètre des trous	38 mm

Étant donné que les valeurs des paramètres du plan de tir actuel sont éloignées de celles du plan de tir théorique, nous cherchons à élaborer un nouveau plan de tir plus efficace, en utilisant des paramètres plus précis. L'objectif est d'améliorer considérablement le rendement global de notre processus.

L'objectif principal de cette démarche est de parvenir à un alignement plus étroit entre l'avancement réel du plan de tir et celui prévu par la théorie. En atteignant cet alignement, nous pourrions réaliser des économies significatives sur les coûts des explosifs utilisés.

Plan de tir modifié

La méthode qui correspond à notre plan de tir pour une section de 12 m² est la méthode suédoise (quatre section). reff

La méthode suédoise : Parmi les diverses méthodes de conception pratiques du modèle de dynamitage, la méthode suédoise a commencé avec Langefors et Kihlstrom (1963) et a été développé par la suite. Holmberg a publié le modèle de conception d'explosif complet en 1982 (Holmberg, 1982) et a ensuite été mis à jour par Persson et collaborateur (2001).[8] Elle a été la plus largement acceptée. Elle considère l'influence de la roche sur le dynamitage représentée par une "constante de roche", notée c , représentant la concentration de charge de base requise pour une performance de dynamitage satisfaisante. Les formules sont fournies pour décrire comment le facteur d'explosif et les autres paramètres de conception de tir doivent être modifiés pour une géométrie de tir particulière [9].

La section transversale du front est divisée en 4 parties principales (Figure3.6) : bouchon, abattage, et Contour. La section bouchon est classée en 2 sections et en 4 sections. Les paramètres de conception essentiels pour le dynamitage de front comprennent la charge, l'espacement et la charge explosive. Ils diffèrent à la fois par la masse rocheuse et les conditions de dynamitage. Par conséquent, une section différente aura des paramètres de conception différents sur la base des résultats de calcul obtenus à partir de la méthode

suédoise. Or cette méthode de calcul a été obtenue à partir des essais menés sur les roches. Des essais spécifiques sur le terrain sont recommandés afin d'optimiser une conception de dynamitage pour la roche qui diffère soit par la résistance ou les caractéristiques structurales.

Le bouchon

Pour assurer une explosion efficace lors du minage, il est essentiel de créer une surface libre préalablement. Cette étape initiale du processus de minage consiste à effectuer les forages du bouchon.

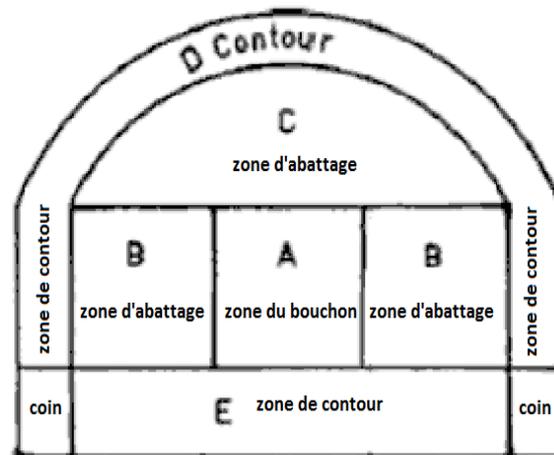


Figure III.6 : Les quatre sections de galerie (méthode suédoise).

Les forages de bouchon sont réalisés en préparation de l'explosion et visent à créer une surface libre dans la roche. Ces forages sont effectués de manière rapprochée les uns des autres dans la zone à dynamiter. Il est important de noter qu'il existe un risque de propagation de l'explosion entre les forages proches en raison de l'effet de sympathie des explosifs.

La configuration du bouchon peut varier, et il peut être réalisé en utilisant des trous de forage parallèles ou inclinés, de forme conique, cylindrique ou en forme de V. Il est courant d'inclure au moins un trou non chargé (vide) dans le bouchon afin de créer une surface libre initiale [10], ce qui facilite la fissuration du massif rocheux lors de l'explosion.

Les forages du bouchon sont une étape cruciale du processus de minage. Ils visent à créer une surface libre dans la roche avant l'explosion, en utilisant une configuration spécifique de trous de forage. La présence d'un trou non chargé dans le bouchon facilite la fissuration du massif et contribue à une explosion plus efficace.

Si le nombre de trous vides est supérieur à un, le diamètre équivalent est calculé par l'équation suivante [11] :

$$\Phi_{e2} = \sqrt{N} * \Phi_e \quad (III.2)$$

Φ_{e2} : Diamètre équivalent ;

N : nombre des trous vides ;

Φ_e : Diamètre des trous vide

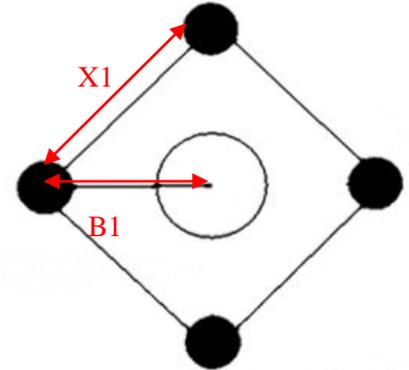
Les équations des quatre sections du bouchon [10] :

- **La première section :**

La banquette : $B1 = 1.5 * \Phi_{e2}$;

L'espace : $X1 = \sqrt{2} * B1$;

Bourrage : $st1 = B1$.

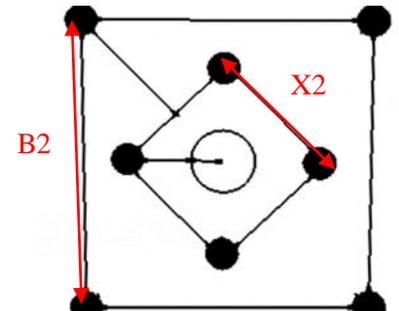


- **Deuxième section :**

La banquette : $B2 = \sqrt{2} * B1$;

L'espace : $X2 = \sqrt{2} * B2 * 1.5$;

Bourrage : $st2 = \frac{\sqrt{2} * B1}{2}$.

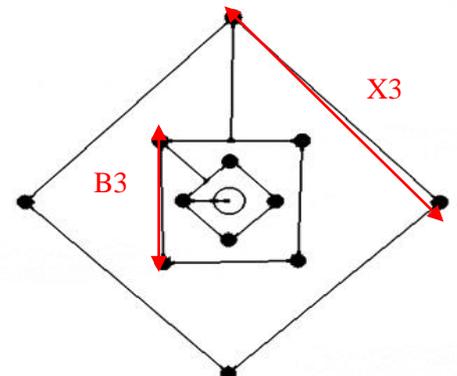


- **Troisième section :**

Le banquette : $B3 = \sqrt{2} * B2 * 1.5$;

L'espace : $X3 = \sqrt{2} * B3 * 1.5$;

Bourrage : $st3 = \frac{\sqrt{2}}{2} (\frac{\sqrt{2}}{2} * B1 + B2)$.

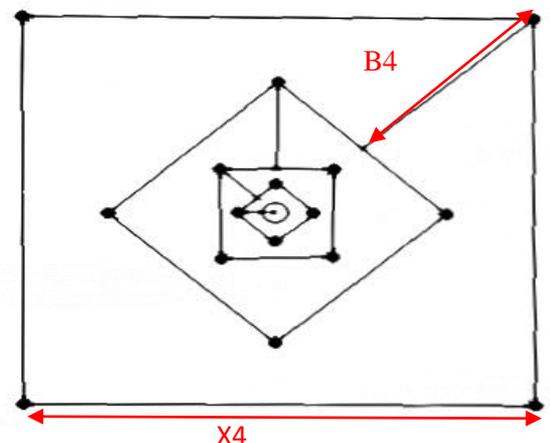


- **Quatrième section :**

La banquette : $B4 = \sqrt{2} * B3 * 1.5$;

L'espace : $X4 = \sqrt{2} * B4 * 1.5$;

Bourrage : $st4 = \frac{\sqrt{2}}{2} (\frac{\sqrt{2}}{2} (\frac{\sqrt{2}}{2} * B1 + B2) + B3)$.



-La charge linière de l'explosif :

$$q = \frac{55 * \Phi_h}{PRP_{ANFO}} * \left(\frac{B1}{\Phi_{e2}}\right)^{\frac{3}{2}} * \left(B1 - \frac{\Phi_{e2}}{2}\right) * \left(\frac{c}{0.4}\right) \quad (III.3)$$

q : la charge linière de l'explosif (kg/m);

Φ_h : Le diamètre de foration pour les trous chargés (m) ;

Φ_{e2} : Le diamètre équivalent pour les trous non chargés (vides) (m);

B1 : La distance maximale entre le trou vide et le premier trou charger (banquette) (m) ;

PRP_{ANFO} : La puissance sur le mortier balistique (RWS relative à ANFO) ;

C : Résistance au tirage de la roche (kg/m3).

Trous d'abattage

Les mines d'abattage sont utilisées pour fragmenter la roche dans l'espace créé par le bouchon lors de l'explosion. On distingue différents types de mines d'abattage selon leur position et leur direction de dégagement :

Les mines de production sont placées au-dessus du bouchon et ont un sens de dégagement dirigé vers le bas. Elles sont conçues pour permettre l'extraction de la roche fragmentée vers le bas, facilitant ainsi le processus d'exploitation minière.

Les mines de pavement sont placées à droite et à gauche du bouchon et ont un sens de dégagement horizontal. Elles sont positionnées de manière à permettre l'extraction horizontale de la roche fragmentée. Ces mines contribuent à créer des galeries ou des passages horizontaux dans la zone d'exploitation minière.

Ces différents groupes de mines d'abattage sont stratégiquement positionnés pour optimiser l'extraction et la fragmentation de la roche lors du processus d'exploitation minière. Chaque type de mine joue un rôle spécifique dans le dégagement et l'extraction de la roche fragmentée dans l'espace créé par le bouchon.

Les mines d'abattage sont utilisées pour fragmenter la roche dans l'espace créé par le bouchon. Les mines de production ont un sens de dégagement dirigé vers le bas, tandis que les mines de pavement ont un sens de dégagement horizontal. Ces différentes mines contribuent à l'exploitation et à l'extraction efficaces de la roche fragmentée dans une mine souterraine.

Les équations d'abattage [10] :

La banquette :
$$B = 0.012 \frac{(2\rho c + 1.5)}{\rho_t} * \Phi_c - E \quad (III.4)$$

Avec :
$$E = \alpha H + \beta \quad (III.5)$$

α : Déviation angulaire /m (environ 0.03m/m);

β : Erreur de déviation (environ 0.01m) ;

ρ_c : Densité de charge ;

ρ_t : Densité de la roche ;

Φ_c : Le diamètre de la charge explosif ;

L'espace : $S=1.1*B$;

Bourrage : $0.5*B$.

Les trous de contour

Les mines de contour sont parfois utilisées en conjonction avec des mines de tir amorties afin de garantir une exploitation minière précise sans créer de surcreusement ou de sous-creusement.

Pour atteindre cet objectif, la charge explosive des mines de contour est réduite. Dans le cas des galeries de forme circulaire, la distance entre les trous de contour doit être réduite, généralement de 30 à 70 cm.

Les trous de contour sont généralement amorcés avec du cordeau détonant, et les charges explosives sont disposées de manière étagée, avec des vides entre les cartouches associés au cordeau détonant. On distingue plusieurs types de mines de contour :

Les mines de couronne : elles découpent la voute supérieure du tunnel, permettant ainsi de créer une surface libre au-dessus de la galerie.

Les mines de pavement : elles découpent latéralement le profil du tunnel, contribuant ainsi à l'élargissement de la galerie dans sa partie horizontale.

Les mines de radier : elles sont placées à la base de la section et sont conçues pour découper la partie inférieure du tunnel, facilitant ainsi la formation du fond de la galerie.

L'utilisation stratégique de ces différents types de mines de contour permet de contrôler et de modeler le profil de la galerie selon les besoins spécifiques de l'exploitation minière.

Les mines de contour sont utilisées en conjonction avec des mines de tir amorties pour garantir une exploitation minière précise. Les charges explosives sont réduites et les distances entre les trous de contour sont rapprochées. Différents types de mines de contour sont utilisés pour découper la voute supérieure, les parois latérales et la base de la section du tunnel.

Les équations de contour [10] :

Le toit :

La banquette :
$$B = 0.012 \left(\frac{2\rho_c}{\rho_t} + 1.5 \right) * \Phi_c - E ;$$

L'espace : $S = 1.1*B$;

Bourrage : $st = 0.2 * B$.

Le mur :

La banquette : $B = 0.012 \frac{(2\rho_c + 1.5)}{\rho_t} * \Phi_c - E$

L'espace : $S = 1.1 * B$;

Bourrage : $st = B$.

La base :

La banquette : $B = 0.012 \frac{(2\rho_c + 1.5)}{\rho_t} * \Phi_c - E$

L'espace : $S = 1.1B$;

Bourrage : $st = B$.

Model avec trous vide de 45 mm

Ce modèle suggère que le diamètre du trou vide soit supérieur à 75 mm [11]. Pour atteindre ce diamètre, trois trous vides de 45 mm de diamètre sont percés. Le diamètre équivalent des trous vides est calculé à l'aide de l'équation suivante [11]:

$$\Phi_{e2} = \sqrt{N} * \Phi_e = \sqrt{3} * 45 = 78 \text{ mm} \quad (\text{III.6})$$

Calcul des différents paramètres du plan :

- **Bouchon :**

Tableau III.6 : Calcul des paramètres du bouchon.

Section	Banquette (mm)	Espace (mm)	Bourrage
Section 1	117	165	117
Section 2	165	350	82
Section 3	350	743	175
Section 4	734	1576	371

- **Abattage :**

- **Tableau III.7 : Calcul des paramètres d'abattage.**

Section	Banquette (mm)	Espace (mm)	Bourrage
Abattage	831	914	415

– **Contour :**

Tableau III.8 : Calcul des paramètres du contour.

Section	Banquette (mm)	Espacement (mm)	Bourrage
Toit	831	914	166
Mur	831	914	831
Base	831	914	831

➤ Calcul de la charge linière :

$$q = \frac{55 \cdot \Phi_h}{PRP_{ANFO}} * \left(\frac{B1}{\Phi_{e2}} \right)^3 * \left(B1 - \frac{\Phi_{e2}}{2} \right) * \left(\frac{c}{0.4} \right) \quad (III.7)$$

q : la charge linéaire de l'explosif (kg/m);

Φ_h : Le diamètre de foration pour les trous chargés (m) est : 0.038 m ;

Φ_{e2} : Le diamètre équivalent pour les trous non chargés (vides) (m) est : 0.078m ;

B1 : La distance maximale entre le trou vide et le premier trou charger (banquette) (m) est : 0.117m ;

PRP_{ANFO} : La puissance sur le mortier balistique (RWS relative à ANFO) est : 85% ;

C : Résistance au tirage de la roche (kg/m³) : 0.45.

$$q = \frac{55 \cdot 0.038}{0.85} * \left(\frac{0.117}{0.078} \right)^3 * \left(0.117 - \frac{0.078}{2} \right) * \left(\frac{0.45}{0.4} \right) = 0.4 \text{ kg/m}_{linière}.$$

Nombre de trous :

Nombre de tous vides : 3 trous.

Nombre de trous chargé :

-bouchon : 16 trous ;

-abattage : 6 trous ;

-contour : 15 trous.

Nombre totale des trous chargé est : 37 trous.

Quantité d'explosif :

On a la charge linière est égalé a : 0.4 kg/m_{linière} , mais le type d'explosif est en cartouche de 0.25 kg

Pour une longueur de forage de 1m on a besoin de 2 cartouche qui corresponde a : 0.5 kg.

Alor pour un front on a :

$$Q = 37 \text{ trous} * 0.5 \text{ kg} = 18.5 \text{ kg}.$$

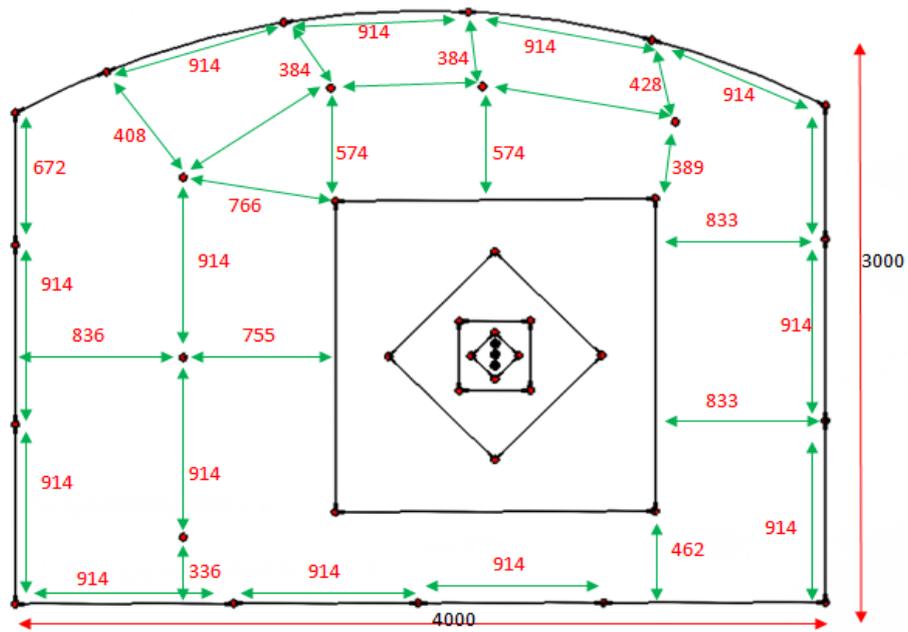


Figure III.7 : Plan de tir quatre sections 45 mm.

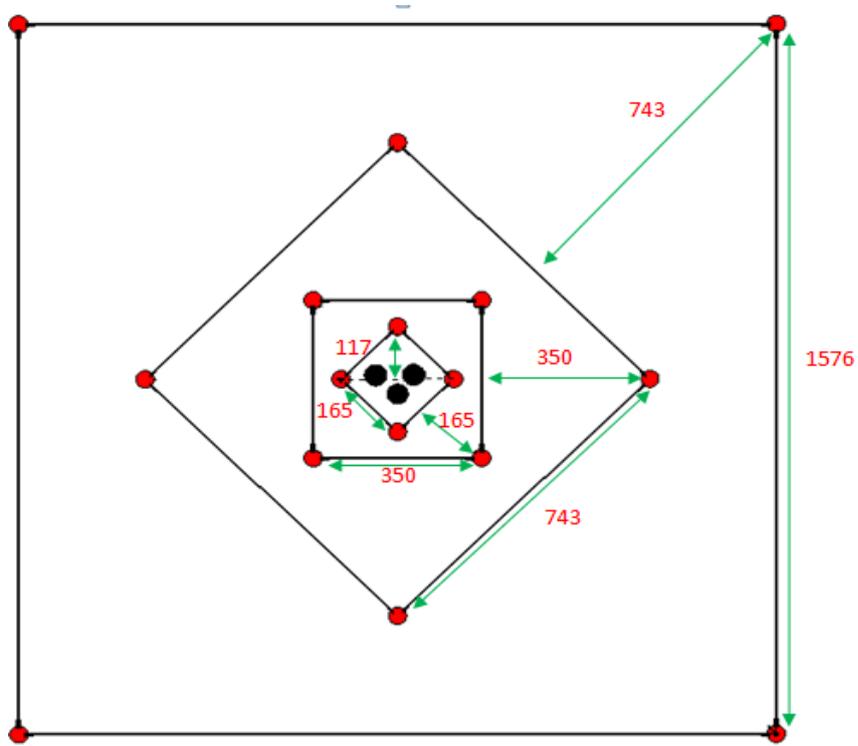


Figure III.8 : Section bouchon (45 mm).

Model avec tous de 38 mm

Pour atteindre le diamètre équivalent, cinq trous vides de 38 mm de diamètre sont percés.
Calcul des tous équivalant des trous vides :

$$\Phi_{e2} = \sqrt{N} * \Phi_e = \sqrt{5} * 38 = 85 \text{ mm}$$

Calcul des différents paramètres du plan

-Bouchon :

Tableau III.9 : Calcule des paramètres du bouchon.

Section	Banquette (mm)	Espacement (mm)	Bourrage
Section 1	127	179	127
Section 2	179	380	89
Section 3	380	805	190
Section 4	806	1709	134

-Abattage :

Tableau III.10 : Calcule des paramètres d'abattage.

Section	Banquette (mm)	Espacement (mm)	Bourrage
Abattage	831	914	415

-Contour :

Tableau III.11 : Calcule des paramètres du contour.

Section	Banquette (mm)	Espacement (mm)	Bourrage
Toit	831	914	415
Mur	831	914	831
Base	831	914	831

➤ Calcul de la charge linière :

$$q = \frac{55 * \Phi_h}{PRP_{ANFO}} * \left(\frac{B1}{\Phi_{e2}}\right)^2 * \left(B1 - \frac{\Phi_{e2}}{2}\right) * \left(\frac{c}{0.4}\right)$$

q : la charge linéaire de l'explosif (kg/m);

Φ_h : Le diamètre de foration pour les trous chargés (m) est : 0.038 m ;

Φ_{e2} : Le diamètre équivalent pour les trous non chargés (vides) (m) est : 0.085m ;

Amélioration du rendement des tirs en mine souterraine

B1 : La distance maximale entre le trou vide et le premier trou chargé (banquette) (m) est : 0.127m ;

PRP_{ANFO} : La puissance sur le mortier balistique (RWS relative à ANFO) est :85% ;

C : Résistance au tirage de la roche (kg/m³) : 0.45.

$$q = \frac{55 \cdot 0.038}{0.85} * \left(\frac{0.127}{0.085}\right)^3 * \left(0.127 - \frac{0.085}{2}\right) * \left(\frac{0.45}{0.4}\right) = 0.42 \text{ kg/m}_{\text{linière}}.$$

Nombre de trous :

Nombre de tous vides : 5 trous.

Nombre de trous chargé :

-bouchon : 16 trous ;

-abattage : 2 trous ;

-contour : 15 trous.

Nombre totale des trous chargé est : 33 trous.

Quantité d'explosif

On a la charge linière est égalé a : 0.4 kg/m_{linière} , mais le type d'explosif est en cartouche de 0.25 kg

Pour une longueur de forassions de 1m on a besoin de 2 cartouches qui corresponde a : 0.5 kg.

Alor pour un front on a :

$$Q = 373 \text{ trous} * 0.5 \text{ kg} = 16.5 \text{ kg}$$

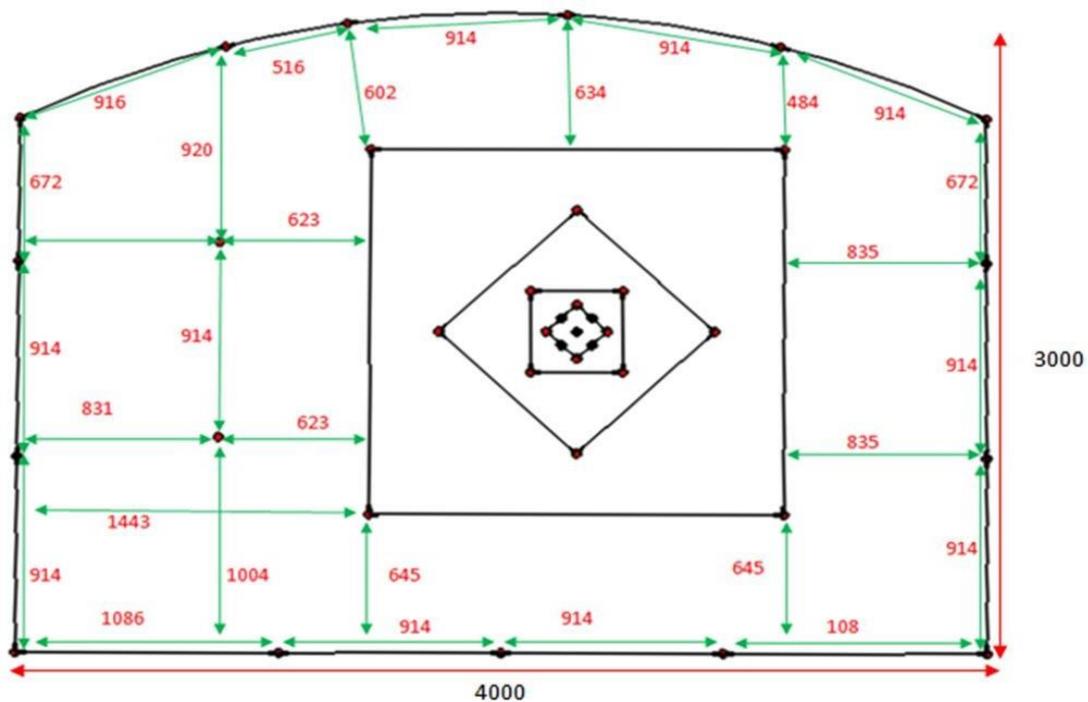


Figure III.9 : Plan du tir (38 mm).

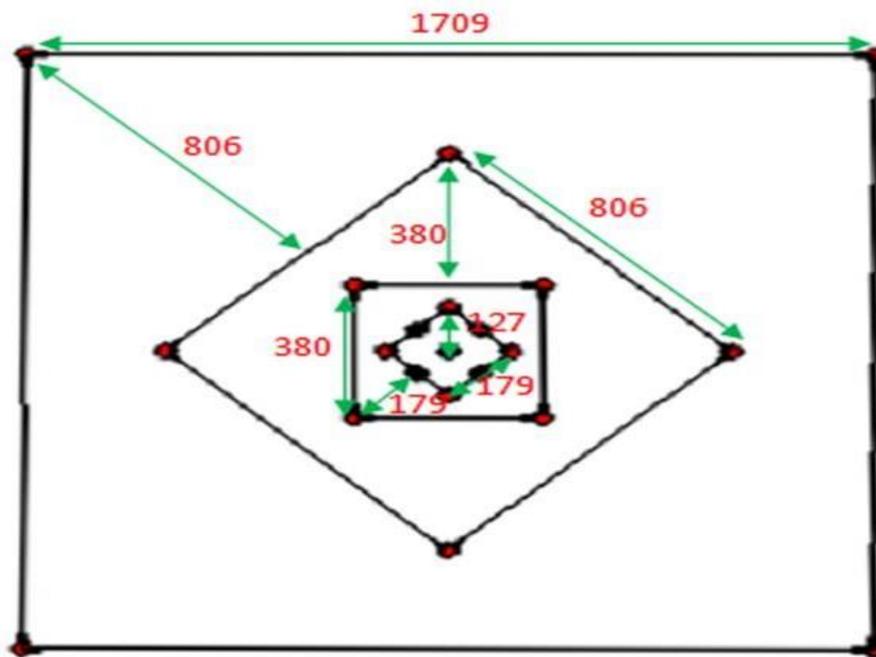


Figure III.10 : section bouchon (38mm).

Résumé des paramètres des plans de tir 45 mm et 38 mm

Tableau III.12 : Résumé des paramètres des plan 45 mm et 38 mm.

Paramètres	Plan de tir 45mm	Plan de tir 38mm
Nombres de trous	37	33
Longueur des trous (m)	1	1
Quantités d'explosifs (kg)	18.5	16.5
L'avancement (%)	95-100	95-100

Comparaison entre le plan utilisé dans la mine et le plan proposé

Tableau III.13 : Comparaison entre le plan de tir de la mine et les plans proposés.

Paramètres	Plan de tir de la mine	Plan de tir 45 mm	Plan de tir 38 mm	Améliorations (%) 45 mm	Améliorations (%) 38 mm
Nombres de trous	28	37	33	32	17.85
Longueur des trous (m)	1.28	1	1	/	/
Quantité d'explosifs (kg)	24.5	18.5	16.5	24.48	32.65
L'avancement	42%	95-100%	95-100%	53	58

Conclusion

Dans le chapitre 3, nous avons examiné le plan de tir utilisé dans la mine Chaabet El Hamra et avons constaté qu'il s'agissait d'un plan standard où l'emplacement des trous de mine n'était pas précisément calculé. De plus, l'avancement était très faible, atteignant seulement 42% de la profondeur des trous forés. Cependant, nous avons identifié une méthode alternative, la méthode suédoise quatre sections, qui peut améliorer considérablement l'efficacité du tir.

La méthode des quatre sections propose des formules pour ajuster le facteur d'explosif et d'autres paramètres de conception de tir en fonction de la géométrie spécifique du tir. Elle utilise également des paramètres de contrôle tels que la constante de roche, le diamètre du trou de forage, la profondeur de forage, le diamètre du trou de forage vide et le nombre de trous de forage vides, ainsi que la résistance pondérale de l'explosif.

En mettant en œuvre cette méthode, des améliorations significatives peuvent être réalisées. Tout d'abord, une économie de quantité d'explosif peut être obtenue, ce qui permettra de réduire les coûts financiers associés. De plus, un plus grand nombre de trous de forage peut être réalisé, ce qui permettra une meilleure fragmentation du matériau. Enfin, l'avancement moyen peut être augmenté jusqu'à 95% [12] de la profondeur du trou de mine, ce qui accélérera le processus d'extraction.

En adoptant la méthode des quatre sections pour le plan de tir dans la mine Chaabet El Hamra, des améliorations significatives peuvent être réalisées en termes d'économie d'explosifs, de fragmentation du matériau et d'avancement du processus d'extraction. Cela entraînera une augmentation globale du rendement de tir et contribuera à améliorer l'efficacité et la rentabilité de l'exploitation minière.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire de fin d'étude a porté sur l'amélioration du rendement de tir dans la mine souterraine de Chaabet El Hamra, qui exploite principalement les minerais de zinc et de plomb. Trois chapitres ont été consacrés à l'étude approfondie de la géologie du gisement, aux travaux préparatoires et aux méthodes d'exploitation minière, ainsi qu'à l'analyse et à la proposition d'un plan de tir amélioré.

L'amélioration du rendement de tir dans la mine Chaabet El Hamra revêt une grande importance pour une exploitation efficace et rentable des minerais de zinc/plomb. Une meilleure compréhension de la géologie du gisement, l'utilisation de méthodes d'exploitation appropriées et l'optimisation du plan de tir contribueront à une augmentation du rendement global de l'extraction minière. Il est recommandé de mettre en œuvre la méthode quatre sections proposée dans le plan de tir de la mine Chaabet El Hamra afin de réaliser des économies financières, d'améliorer la fragmentation du matériau extrait et d'augmenter l'avancement du processus d'extraction.

Parallèlement, il est essentiel d'envisager des mesures supplémentaires pour optimiser les opérations minières dans la mine Chaabet El Hamra. Deux recommandations clés sont mises en avant : premièrement, utiliser la machine de foration SANDVIK DD210 récemment acquise mais pas encore utilisée dans la mine. Cette nouvelle machine est conçue pour optimiser l'opération de forage, réduire les temps d'exécution et améliorer le rendement des tirs. Son utilisation permettra d'exploiter pleinement les avantages technologiques offerts par cet équipement moderne. Deuxièmement, il est crucial de prendre en considération les études proposées par les bureaux d'études et les étudiants universitaires. Leur expertise peut apporter de nouvelles idées, des méthodes innovantes et des solutions personnalisées adaptées aux défis spécifiques de la mine Chaabet El Hamra.

En mettant en œuvre ces recommandations complémentaires, la mine Chaabet El Hamra pourra bénéficier d'opérations minières plus efficaces, d'une meilleure gestion des ressources et d'un rendement global optimisé. Il est primordial de rester ouvert aux nouvelles idées, aux avancées technologiques et aux collaborations externes pour maintenir la compétitivité de l'exploitation minière et assurer sa durabilité à long terme. Des efforts continus dans l'amélioration des processus et des équipements contribueront à maximiser les avantages économiques et environnementaux de l'exploitation minière dans la mine Chaabet El Hamra.

References Bibliographies

References Bibliographies

References Bibliographies

- [1] ENOF, «Rapport Géologique de chaabet el hamra final».
- [2] Taababouchet A., Conception d'une méthode d'exploitation avec remblayage hydraulique de la partie inférieure du gisement de zinc de Chaabet-El-Hamra (Ain-Azel- Sétif). Mémoire de fin d'études, Ecole Nationale Polytechnique, 2011.
- [3] ENOF, «PLAN DIRECTEUR DE DEVELOPPEMENT MINE DE ZINC DE CHAABET EL HAMRA (PROFIL10-PROFIL15) COMPLEXE MINIER DE KHERZET YUCEF – SETIF,» 2016.
- [4] R. L. B. W. A. Hustrulid, Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies, 2001.
- [5] P. J.-P. TSHIBANGU, La méthode des chambres et piliers :design et implications géomécaniques, universite de mons faculte Polytechnique, 2017.
- [6] «Marteau perforateur pneumatique pour extraction de charbon Yt29A,» [En ligne]. Available: https://fr.made-in-china.com/co_cngoldenmoral/product_Pneumatic-Rock-Drill-Yt29A-Air-Leg-Rock-Drill-Mining-Compressor-Rock-Drill_rsnnyuuuig.html.
- [7] Kadri B., Etude des paramètres de productivité d'une exploitation souterraine. Cas de la mine Chaabat El Hamra (W. Sétif). Diplôme d'ingénieur d'état Ecole Nationale Polytechnique, (03/10/2022).
- [8] H. P. Mohammad Hossaini, «Modification of four-section cut model for drift blast design in Razi coal mine - North Iran,» 2019.
- [9] Y.-H. J. S. J. Y.-K. C. H.-S. K. Chung-In Lee, The Computerized Design Program for Tunnel Blasting, 2005.
- [10] s. o. olofson, applied-explosives-technology-for-construction-and-mining-by-stig-o-olofsson.
- [11] Konya, Blast Design, Inter Continental Development Corporation, Stockholm: Almqvist&Wiksell Forlag AB, , 1995.
- [12] Ozgur Y., Drilling and blasting designs for parallel hole cut and V-cut method in excavation of underground coal mine galleries. Department of Mining and Mineral Extraction,Zonguldak Vocational School, Zonguldak Bülent Ecevit University, 67500 Zonguldak, Turkey , (2023) 13:2449.
- [13] Rezigat N et Imchal K., Contribution à l'étude des problèmes environnementaux et de sécurité sur l'exemple de la mine souterraine de Chaabet -El Hamra (Ain Azel, Wilaya de Sétif). Mémoire de fin d'études d'université Ferhat Abbas Sétif, juin/2008.
- [14] Khenniche M., Projet d'exploitation de la partie inférieure du gisement de zinc de Chaabet-El-Hamra (Ain-Azel- Sétif).Mémoire de fin d'études, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, 2009.
- [15] Melloul D., Méthodologie d'analyse de la stabilité des piliers d'une mine exploitée par chambres et piliers. « Cas de la mine de Chaabet EL Hamra », Diplôme d'ingénieur d'état Ecole Nationale Polytechnique, 2008/2009.

ANNEXES

Les Annexes

Réserves du gisement

Tronçon ii : réserves géologiques profil 10 - profil 15

ANNEXE I

Corps n°1:

N° corps, bloc et catégorie de réserves	N° des sondages	Surface du bloc (m ²)	Puissance (m)	Volum e du bloc (m ³)	Masse volumique (t/m ³)	Réserves du minerai (T)	Teneur Zn (%)
1-15-C₁	313	40 880	3,69	150 847	3,07	463 101	4,92
	310						
	306						
	245						
	300						
	316						
	312						
	314						
1-20-C₁	242	32 590	4,48	146 003	3,09	451 150	7,61
	315						
	337						
	340						
	334						
	320						
	347						
	348						
Total C₁	/	73 470	4,04	296 850	3,08	914 251	6,25

Les Annexes

ANNEXE II

Corps n°2

N° corps, bloc et catégorie de réserves	N° des sondages	Surface du bloc (m ²)	Puissance (m)	Volum e du bloc (m ³)	Masse volumique (t/m ³)	Réserves du minerai (T)	Tene ur Zn (%)
1-15-C₁	313	40 880	3,69	150 847	3,07	463 101	4,92
	310						
	306						
	245						
	300						
	316						
	312						
314							
1-20-C₁	242	32 590	4,48	146 003	3,09	451 150	7,61
	315						
	337						
	340						
	334						
	320						
	347						
348							
Total C₁	/	73 470	4,04	296 850	3,08	914 251	6,25

Tronçon ii : réserves restantes profil 10 - profil 15

ANNEXE III

Corps n°1:

N° bloc et catégorie de réserves	Réserves géologiques au 01/01/1992		Taux de perte (%)	Taux de salissure (%)	Réserves exploitables au 01/01/1992		Extraction (Tonnes) au 31/12/2016		Réserves exploitables au 31/12/2016	
	Tonnage	Teneur Zn (%)			Tonnage	Teneur Zn (%)	Tonnage	Teneur Zn (%)	Tonnage	Teneur Zn (%)
1-15-C₁	463 101	4,92	10 %	8%	453 839	4,62	0	0	453 839	4,62
1-20-C₁	451 150	7,61	10 %	8%	442 127	7,14	0	0	442 127	7,14
TOTAL	914 251	6,25	10 %	8%	895 966	5,86	0	0	895 966	5,86

Les Annexes

ANNEXE IV

Corps n°2:

N° bloc et catégo- rie de réserv- es	Réserves géologiques au 01/01/1992		Tau- x de per- te (%)	Taux de salissu- re (%)	Réserves exploitables au 01/01/1992		Extraction (Tonnes) au 31/12/2016		Réserves exploitables au 31/12/2016	
	Tonna- ge t	Tene- ur Zn (%)			Tonna- ge t	Tene- ur Zn (%)	Tonna- ge t	Tene- ur Zn (%)	Tonna- ge t	Tene- ur Zn (%)
1-15- C₁	463 101	4,92	10 %	8%	453 839	4,62	0	0	453 839	4,62
1-20- C₁	451 150	7,61	10 %	8%	442 127	7,14	0	0	442 127	7,14

Plan directeur d'exploitation p10- p15

Déroulement des travaux du plan directeur d'exploitation

ANNEXE V

Corps n°2:

Bloc n°	Panneau x n°	Réserves récup.		Extraction									
		Tonn- age	Teneur Zn%	201 7	201 8	201 9	202 9	203 0	203 1	203 2	203 3	TOT AL	
2-9- C1	10	14 482	5,64	8 570	5 912	0	0	0	0	0	0	14 482	
	11	6 617	5,64	2 332	0	0	0	0	0	4 285	0	6 617	
	12	10 862	5,64	10 862	0	0	0	0	0	0	0	10 862	
	13	18 338	5,64	5 290	0	0	0	0	0	13 049	0	18 339	
	14	15 736	5,64	6 358	9 378	0	0	0	0	0	0	15 736	
	15	10 618	5,64	3 990	0	0	0	0	0	0	6 628	0	10 618
Total bloc		76 653	5,64	37 401	15 290	0	0	0	0	0	23 962	0	76 653
2-13-	16	11	5,80	0	0	0	0	0	0	119	0	11	

Les Annexes

C2		915								15		915
	17	9 132	5,80	0	0	0	0	0	0	9 132	0	9 132
	18	8 959	5,80	0	0	0	0	0	0	8 959	0	8 959
Total bloc		30 006	5,80	0	0	0	0	0	0	30 006	0	30 006
2-20- C1	19	23 015	6,80	5 238	0	0	0	0	8 271	9 506	0	23 015
	20	25 093	6,80	3 768	21 325	0	0	0	0	0	0	25 093
	21	20 400	6,80	3 994	0	0	0	0	16 405	0	0	20 399
	22	23 028	6,80	3 127	19 900	0	0	0	0	0	0	23 028
	23	19 908	6,80	0	0	4 597	0	0	15 311	0	0	19 908
	24	19 358	6,80	0	0	19 358	0	0	0	0	0	19 358
	25	30 503	6,80	0	0	4 748	0	0	25 756	0	0	30 504
	26	26 732	6,80	0	0	26 732	0	0	0	0	0	26 732
	27	31 884	6,80	0	0	3 768	0	18 859	9 257	0	0	31 884
	28	24 544	6,80	0	0	798	0	23 746	0	0	0	24 544
	29	26 852	6,80	0	0	0	3 391	23 461	0	0	0	26 852
	30	17 675	6,80	0	0	0	14 659	3 016	0	0	0	17 675
	31	29 763	6,80	0	0	0	3 730	19 271	6 762	0	0	29 763
32	18 104	6,80	0	0	0	16 457	164 7	0	0	0	18 104	
Total bloc		336 858	6,80	16 127	41 225	60 000	38 238	90 000	81 762	9 506	0	336 857
2-9- C1	1B	7 517	5,64	0	0	0	0	0	0	0	7 517	7 517
	2B	10 327	5,64	0	0	0	0	0	0	0	10 327	10 327
	3	6 566	5,64	0	0	0	0	0	0	0	6 566	6 566
	4B	7 442	5,64	0	0	0	0	0	0	0	7 442	7 442
	5	12 150	5,64	0	0	0	0	0	0	0	12 150	12 150
	6	11 274	5,64	0	0	0	0	0	0	0	11 274	11 274

Les Annexes

	7B	10 881	5,64	0	0	0	0	0	0	6 469	4 412	10 881
	8	11 327	5,64	0	0	0	0	0	0	0	11 327	11 327
	9	10 894	5,64	0	0	0	0	0	0	10 894	0	10 894
Total blocs		88 378	5,64	0	0	0	0	0	0	17 363	710 15	88 378
Total corps 2		531 896	6,38	53 528	56 515	60 000	38 238	90 000	81 762	50 831	71 015	531 896
PRODUIT FINI				5 142	5 879	6 543	4 170	9 815	8 917	7 566	6 424	54 455

Plan directeur d'exploitation p10- p15

Déroulement des travaux du plan directeur d'exploitation

ANNEXE V

Corps n°2:

Bloc n°	Panneau x n°	Réserves récup.		Extraction								TOT AL
		Tonnage	Teneur Zn%	201 7	201 8	201 9	202 9	203 0	203 1	203 2	203 3	
2-9- C1	10	14 482	5,64	8 570	5 912	0	0	0	0	0	0	14 482
	11	6 617	5,64	2 332	0	0	0	0	0	4 285	0	6 617
	12	10 862	5,64	10 862	0	0	0	0	0	0	0	10 862
	13	18 338	5,64	5 290	0	0	0	0	0	13 049	0	18 339
	14	15 736	5,64	6 358	9 378	0	0	0	0	0	0	15 736
	15	10 618	5,64	3 990	0	0	0	0	0	6 628	0	10 618
Total bloc		76 653	5,64	37 401	15 290	0	0	0	0	23 962	0	76 653
2-13- C2	16	11 915	5,80	0	0	0	0	0	0	119 15	0	11 915
	17	9 132	5,80	0	0	0	0	0	0	9 132	0	9 132
	18	8 959	5,80	0	0	0	0	0	0	8 959	0	8 959

Les Annexes

Total bloc		30 006	5,80	0	0	0	0	0	0	30 006	0	30 006
2-20- C1	19	23 015	6,80	5 238	0	0	0	0	8 271	9 506	0	23 015
	20	25 093	6,80	3 768	21 325	0	0	0	0	0	0	25 093
	21	20 400	6,80	3 994	0	0	0	0	16 405	0	0	20 399
	22	23 028	6,80	3 127	19 900	0	0	0	0	0	0	23 028
	23	19 908	6,80	0	0	4 597	0	0	15 311	0	0	19 908
	24	19 358	6,80	0	0	19 358	0	0	0	0	0	19 358
	25	30 503	6,80	0	0	4 748	0	0	25 756	0	0	30 504
	26	26 732	6,80	0	0	26 732	0	0	0	0	0	26 732
	27	31 884	6,80	0	0	3 768	0	18 859	9 257	0	0	31 884
	28	24 544	6,80	0	0	798	0	23 746	0	0	0	24 544
	29	26 852	6,80	0	0	0	3 391	23 461	0	0	0	26 852
	30	17 675	6,80	0	0	0	14 659	3 016	0	0	0	17 675
	31	29 763	6,80	0	0	0	3 730	19 271	6 762	0	0	29 763
	32	18 104	6,80	0	0	0	16 457	164 7	0	0	0	18 104
Total bloc		336 858	6,80	16 127	41 225	60 000	38 238	90 000	81 762	9 506	0	336 857
2-9- C1	1B	7 517	5,64	0	0	0	0	0	0	0	7 517	7 517
	2B	10 327	5,64	0	0	0	0	0	0	0	10 327	10 327
	3	6 566	5,64	0	0	0	0	0	0	0	6 566	6 566
	4B	7 442	5,64	0	0	0	0	0	0	0	7 442	7 442
	5	12 150	5,64	0	0	0	0	0	0	0	12 150	12 150
	6	11 274	5,64	0	0	0	0	0	0	0	11 274	11 274
	7B	10 881	5,64	0	0	0	0	0	0	6 469	4 412	10 881
	8	11 327	5,64	0	0	0	0	0	0	0	11 327	11 327
	9	10	5,64	0	0	0	0	0	0	10	0	10

Les Annexes

		894								894		894
Total blocs	88	5,64	0	17	710	88						
	378									363	15	378
Total corps 2	531	6,38	53	56	60	38	90	81	50	71	531	
	896		528	515	000	238	000	762	831	015	896	
PRODUIT FINI			5	5	6	4	9	8	7	6	54	
			142	879	543	170	815	917	566	424	455	

Résumé

Ce mémoire se concentre sur l'amélioration du rendement de tir dans la mine souterraine de Châabet El Hamra en utilisant la méthode suédoise « quatre sections ». L'objectif principal est d'optimiser l'avancement du processus d'extraction, de réduire les coûts financiers et d'améliorer la fragmentation du matériau extrait. L'étude commence par une analyse approfondie de la géologie du gisement et des méthodes d'exploitation minière, puis propose des ajustements visant à améliorer le plan de tir existant. L'implémentation de ces recommandations permettra d'optimiser l'efficacité opérationnelle et la rentabilité de la mine, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives prometteuses pour l'avenir de l'exploitation minière.

Mots clés : Tir des mines, méthodes suédoise, mine de Châabet El Hamra, extraction.

Abstract

This document focuses on improving the blasting performance in the underground mine of Chaabet El Hamra using the Swedish four-section method. The main objective is to optimize the advancement of the extraction process, reduce financial costs, and enhance the fragmentation of the extracted material. The study begins with a thorough analysis of the geological characteristics of the deposit and mining methods, followed by proposed adjustments to enhance the existing blasting plan. Implementation of these recommendations will optimize operational efficiency and profitability of the mine, thus opening new promising prospects for the future of mining.

Keywords: Blasting, Swedish methods, Chaabet El Hamra mine, extraction.

ملخص

تركز هذه المذكرة على تحسين أداء عمليات التفجير في منجم شعبة الحمراء "المستغل في باطن الأرض" باستخدام الطريقة السويدية بأربعة مساحات. الهدف الرئيسي هو تحسين تقدم عملية الاستخراج، وتقليل التكاليف المالية، وتحسين تفتت المواد المستخرجة. تبدأ الدراسة بتحليل شامل للخصائص الجيولوجية للموقع وطرق التعدين، ثم تقترح تعديلات تهدف إلى تحسين الخطة التفجيرية الحالية. تنفيذ هذه التوصيات سيسمح بتحقيق كفاءة تشغيلية مثلى وربحية المنجم، مما يفتح آفاقاً واعدة لمستقبل المنجم.

الكلمات المفتاحية: التفجير، الطريقة السويدية، منجم شعبة الحمراء، استغلال.