

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 e géologie

Memoire de Fin d'Etudes

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

Présenté par :
Bouzidi Abdelbasset
Ahannouh Sofiane

Thème

Estimation de la teneur de coupure.
Cas de la mine de Chaabet El-Hamra Ain Azel (W) Sétif

Soutenu le 21 / 06 / 2023 devant le jury composé de:

Président	Mme TOUNSI	U.A.M. Bejaia
Encadrant	Mr MAZARI	U.A.M. Bejaia
Examineur	Mr BOUKARM	U.A.M. Bejaia

Promotion: 2022-2023

Remerciements

On voudrait avant d'entamer la présentation de ce mémoire remercier DIEU tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage d'établir ce travail. On adresse également nos vifs remerciements à tous ceux et celles qui, directement ou indirectement ont contribué à faciliter notre travail.

On citera à cet égard notre promoteur Mr M. Mazari, enseignant à l'université Abderrahmane Mira Béjaïa, de nous avoir soutenu par ses orientations, ses remarques et recommandations, d'avoir tout mis en œuvre pour une réalisation dans de meilleures conditions de notre travail.

On remercie également Madame M. Mayouf l'ingénieur en géologie de la mine Chaabet El-Hamra et notre encadrante durant la période du stage entamé au sein de la mine.

A nos deux amis Mohand Akli et Lyamine, pour leur hébergement durant toute la période du stage.

On remercie les membres du jury de nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chères parents Bouzidi Smail et Azzi Ghania qui m'ont encouragé pour réaliser ce travail ainsi que pour leur soutien durant toute la période de mes études.

A mes chères sœur Israa et Chaima, et mon cher frère Belkacem.

Une spéciale dédicace pour ma fiancée Manal.

A Wissam Issighid, notre ange décédé récemment, paix à son âme ;

A mon binôme Sofiane pour sa collaboration.

A mes deux amis Mohand Akli et Lyamine, pour leur hébergement durant toute la période du stage.

Ainsi que tous mes amis, en particulier Slimane et Moumo.

Bouzidi Abdelbasset

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers parents Et surtout à ma génial belle grande mère Noura ;

à mes chères tantes maternelle, en particulier Louiza ;

À mes chère petite tante Djida et Tisiri ainsi que mon Cousin Redouan ;

À mes magnifique sœurs Siham et Lamia ;

À ma merveilleuse fiancé Raouia ;

À mon binôme Abdelbasset pour sa collaboration ;

À tous mes amis, en particulier : Mehdi, Anais, Lilya, Bahia, Yanis, Ahmed, Rabeh, Louenas,
Lyes ;

À mes deux amis Mohand Akli et Lyamine, pour leur hébergement durant toute la période du
stage.

En fin à tout personnes qui m'a soutenu tout au long de la réalisation de ce modeste travail.

Ahannouh Sofiane

Table des matières

LISTE DES FIGURES :	8
LISTES DES TABLEAUX :	8
LISTE D'ABREVIATIONS :	9
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA MINE	2
I.1. INTRODUCTION :	2
I.2. HISTORIQUE :	2
I.3. PRESENTATION DU GROUPE ENOF :	2
I.4. CADRE GEOGRAPHIQUE ET CONDITION CLIMATIQUE :	3
I.5. CADRE GEOLOGIQUE :	4
I.5.1. Géologie régionale :	4
I.5.2. Stratigraphie du gisement :	5
I.5.3. Structure du gisement :	7
I.5.4. Tectonique :	7
I.6. LA MINERALISATION DU GISEMENT :	9
I.6.1. Caractéristiques du minerai :	10
I.6.2. Caractéristiques des roches encaissantes (ENOF, 2022):	10
I.7. CONDITION HYDROGEOLOGIQUE	10
I.8. RESERVES GEOLOGIQUES :	11
I.9. CONCLUSION :	12
CHAPITRE II : PROCESSUS D'EXPLOITATION ET DE TRAITEMENT DU ZINC	13
II.1. INTRODUCTION :	13
II.2. DESCRIPTION DU MODE D'OUVERTURE :	13
II.2.1. Tranchées d'accès et descenderie :	13
II.2.2. Travers-banc :	13
II.2.3. Puits d'aéragé et de secours :	13
II.3. DESCRIPTION DES METHODES D'EXPLOITATION:	14
II.3.1. Méthode d'exploitation de traçage et dépilage :	15
II.3.2. Méthode d'exploitation par sous niveaux foudroyés :	16
II.4. TRAVAUX PREPARATOIRES ET D'INFRASTRUCTURES :	18
II.4.1. Travaux d'infrastructure :	18
II.4.2. Travaux préparatoires :	18
II.5. PARAMETRES D'EXPLOITATION :	18
II.5.1. Travaux d'abattage :	18
II.5.2. Le soutènement :	20
II.5.3. Chargement et transport	20
II.5.4. L'aéragé de la mine :	21
II.5.5. Alimentation en énergie électrique :	22
II.6. TRAITEMENT DE MINERAI ET DESCRIPTION DE LA LAVERIE DE KHERZET-YOUSSEF :....	22
II.6.1. Section de concassage et criblage :	23
II.6.2. Section broyage :	23

II.6.3. Section flottation :	23
II.7. HYGIENE ET SECURITE :	27
II.8. CONCLUSION :	27
CHAPITRE III : EVALUATION DES COUTS D'ENTREPRISE.....	28
III.1. INTRODUCTION.....	28
III.2. CHOIX D'UNE METHODE D'EXPLOITATION :	28
III.2.1. Méthode de traçage et dépilage :	29
III.3. IDENTIFICATION DES COUTS D'ENTREPRISE :	29
III.3.1. Coûts fixes :	30
III.3.2. Coûts variables :	30
III.3.3. Les frais de personnels :	31
III.4. ESTIMATION DES COUTS D'EXPLOITATION :	32
III.4.1. Travaux préparatoire et infrastructure :	32
III.4.2. Travaux d'extraction :	33
III.4.3. Travaux de chargement et de transport.....	37
III.5. IDENTIFICATION DES DIVERS COUTS FIXES ET VARIABLES D'EXPLOITATION :	38
III.5.1. Coûts fixes :	38
III.5.2. Coûts variables :	38
III.5.3. Les frais du personnel d'exploitation :	39
III.6. IDENTIFICATION DES COUTS FIXES ET VARIABLES DE TRAITEMENT :	39
III.6.1. Les coûts fixes :	39
III.6.2. Les coûts variables :	39
III.6.3. Les frais de personnels de traitement :	40
III.7. CONCLUSION :	41
CHAPITRE IV : ESTIMATION DE TENEUR DE COUPURE (CUT-OFF GRADE)..	42
IV.1. INTRODUCTION :	42
IV.2. DETERMINATION DES VARIABLES LIEES AU CALCUL DE LA TENEUR DE COUPURE :	42
IV.2.1. Détermination de F :	43
IV.2.2. Détermination de h :	43
IV.2.3. Détermination de p :	43
IV.2.4. Détermination de y :	43
IV.2.5. Détermination de f :	43
IV.2.6. Détermination de H :	44
IV.2.7. Détermination de m :	44
IV.3. CALCUL DE LA TENEUR DE COUPURE :	44
IV.3.1. Calcul de la teneur de coupure de la mine (C1) :	44
IV.3.2. Calcul de la teneur de coupure du concentrateur (C2) :	44
IV.3.3. Calcul de la teneur de coupure du marché (C3).....	45
IV.4. INTERPRETATION DES RESULTATS :	46
IV.5. CONCLUSION	47
CONCLUSION GENERALE	48
BIBLIOGRAPHIE.....	50
ANNEXES.....	51
RESUME.....	54

Liste des figures :

Figure I.1 : Organigramme de l'entreprise ENOF.....	3
Figure I.2 : Situation géographique de la mine de zinc (Google EARTH)	4
Figure I.3 : Carte de la géologie régionale	5
Figure I.4 : Log stratigraphique de gisement Chaabet El-Hamra	6
Figure I.5 : Allure du gisement Pr 0 – Pr 30 (ENOF, 2021).....	7
Figure I.6 : Coupe géologique longitudinale de la partie inférieure du gisement de Chaabet El-Hamra	8
Figure I.7 : La minéralisation du gisement (faisceau supérieur et inférieur) (TAABABOUCHET, 2011).....	9
Figure I.8 : Coupe hydrogéologique (ENOF, 2022).....	11
Figure I.9 : Distribution des teneurs en Zn des corps minéralisés (SIDAM, 1995)	12
Figure II.1 : Coup des ouvrages d'ouverture du gisement (KHENNICHE, 2009).....	14
Figure II.2 : Méthode d'exploitation par traçage et dépilage	16
Figure II.3 : Méthode d'exploitation par sous-niveaux foudroyés.....	17
Figure II.4 : Le chemin d'aérage de la mine de Chaâbet El Hamra.	22
Figure II.5 : Schéma technologique des sections concassage-criblage-broyage de la laverie.....	25
Figure II.6 : Schéma technologique de la section de la flottation de la laverie de Kherzet-Youcef ...	26
Figure III.1 : Méthode d'exploitation par traçage et dépilage.....	29
Figure III.2 : coupe horizontale qui représente le bloc et la tranchée d'abattage.....	36
Figure III.3 : schéma qui représente le nouveau plan de tir d'exploitation.....	36
Figure IV.1 : Variation estimé de la teneur de coupure de concentré	47

Listes des tableaux :

Tableau I.1 : Les paramètres de base utilisés dans les évaluations des réserves (ENOF, 2021).....	11
Tableau II.1 : Caractéristiques techniques du marteau perforateur YT29A (KADRI, 2022).....	19
Tableau II.2 : Caractéristique de Gélanit utilisé	19
Tableau II.3 : Caractéristiques techniques du chargeuse LH203 (RENTALS, 2023).....	20
Tableau II.4 : Caractéristiques techniques du camion Aramine T1600	21
Tableau II.5 : Les besoins en air dans la mine.....	21
Tableau III.1 : les coûts fixes totaux déclaré par l'entreprise	30
Tableau III.2 : Les coûts variables totale de l'entreprise	31
Tableau III.3 : personnels d'entreprise.....	31
Tableau III.4: les estimations pour les travaux préparatoire et infrastructure (galeries et recoupes)..	33
Tableau III.5 : caractéristiques techniques et frais d'acquisition de la machine de foration.....	34
Tableau III.6 : les paramètres de plan de tir.....	35
Tableau III.7 : les caractéristiques de l'explosif.....	37
Tableau III.8 : Les consommations des accessoires de tir	37
Tableau III.9 : Frais d'acquisition des engins de chargement et transport.....	37
Tableau III.10 : les différents coûts fixes de la mine (exploitation).....	38
Tableau III.11 : les coûts variables d'exploitation estimé	38
Tableau III.12 : Les coûts fixes de traitement estimé.....	39
Tableau III.13 : les coûts variables de traitement estimé.....	40
Tableau III.14 : résultat total des coûts d'entreprise.....	40

Liste d'abréviations :

ENOF : Entreprise Nationale des produits miniers non ferreux et des substances utiles.;

ORGM : Office de la Recherche Géologique et Minière ;

SIDAM : Bureau d'étude canadien « Le Groupe minier SIDAM (1992) » ;

EREM : Entreprise de la Recherche et d'Exploitation Minière ;

CEH : Chaabet El-Hamra ;

UTM : Universal Transverse Mercator ;

DMR : Détonateur à Micro Retard ;

C : Teneur de Coupure.

Introduction générale

Le secteur minier joue un rôle crucial dans l'économie de nombreux pays en fournissant des matières premières essentielles à diverses industries. Parmi ces matières on distingue le zinc, qui occupe une place prépondérante. En effet, il est le quatrième métal le plus produit au monde, après le fer, l'aluminium et le cuivre. Sa production s'étend sur plus de 50 pays à travers le globe. Toutefois, les cinq principaux producteurs (Chine, Australie, Pérou, Canada et États-Unis) représentent environ 65% de la production mondiale.

En Algérie, la production de zinc a débuté dans les années 70. Mais actuellement, la production de zinc est assurée uniquement par la mine de Chaabet El-Hamra, située dans la commune d'Aïn Azel, dans la wilaya de Sétif. Cependant, les travaux d'exploitation de la mine de plomb/zinc de Tala Hamza, dans la wilaya de Béjaïa, sont en attente de démarrage. Une fois ces travaux lancés, cela devrait contribuer à augmenter la production de zinc en Algérie.

Les résultats financiers de la mine CEH ont été toujours déficitaires, ce qui a poussé l'ENOF à engager périodiquement des analyses et évaluations technico-économiques. Mais ces études et évaluations sont basées sur une teneur de coupure fixée à 4%, alors que la teneur de coupure doit être calculée périodiquement.

Le calcul de la teneur de coupure est une étape essentielle dans le processus d'évaluation d'un gisement minier. Elle permet de déterminer la quantité de matériau de valeur économique présente dans le gisement, ce qui influence directement les décisions relatives à l'exploitation minière. Une estimation précise de la teneur de coupure permet d'optimiser la rentabilité et la durabilité de l'exploitation minière, en évitant des coûts inutiles et en maximisant la récupération des minéraux.

Pour atteindre cet objectif, nous avons effectué un stage pratique au sein de la mine de Chaabet El Hamra afin de déterminer et d'évaluer les coûts d'exploitation du zinc, ainsi que de calculer la teneur de coupure.

Et pour cela, nous avons structuré notre étude en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous présenterons la géologie de la mine de Chaabet El-Hamra. Par la suite, dans le chapitre II nous aborderons le processus d'exploitation et de traitement de la mine, en donnant une description générale des méthodes proposées pour l'exploitation, et un aperçu de la méthode de traitement utilisée dans l'usine de Kherzet Youssef. Dans le chapitre III, nous analyserons la structure des coûts de la mine avec une évaluation de ses derniers. Le dernier chapitre sera consacré à l'évaluation de la teneur de coupure de la mine de CEH. Enfin, nous synthétisons nos résultats dans une conclusion générale qui clôturera cette étude.

Chapitre I : Présentation de la mine

I.1. Introduction :

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter l'entreprise ENOF, le domaine géologique et hydrogéologique du site qui fait partie de la zone métallo-génique du HODNA. Ainsi que sa situation géographique, puis nous allons faire une description générale sur la formation de la zone d'étude en évaluant les réserves géologiques de la partie inférieure (profil 10 à 15).

I.2. Historique :

Le gisement de Chaabet El-Hamra est connu depuis le début du 20^{ème} siècle.

- De 1910 à 1920 et de 1936 à 1943 : une exploitation artisanale des affleurements de Calamines (Oxydés) de la partie Sud-est du gisement.
- De 1987 à 1991 : des travaux d'exploration menés par l'EREM ont confirmé l'existence d'une minéralisation dans la partie Nord-Ouest du gisement. Dans le cadre de cette exploration, 250 sondages de mailles différentes, 25x25, 50x100 et 100x100, répartis sur 30 profils (0-29) ont été réalisés. Ces sondages ont défini l'allure générale du gisement et ont permis le calcul des réserves.
- En 1991 : Au lendemain de la catastrophe du « coup d'eau » survenu le 02/06/1990 à la mine de Kherzet Youcef, et ayant coûté la vie à 19 mineurs, l'ENOF a élaboré une étude pour l'ouverture du gisement de Chaabet El-Hamra afin de préserver l'emploi et éviter la fermeture brutale de la mine de Kherzet Youcef.
- De 1991 à 1994 : Le démarrage des travaux miniers et les ouvrages d'accès.
- En avril 1994 : L'entreprise a démarré l'extraction du tout-venant au niveau de la mine de Chaabet El-Hamra.

I.3. Présentation du groupe ENOF :

La Société nationale des produits miniers non ferreux et des substances utiles est créée en juillet 1983, le Groupe « ENOF » détient 22 permis miniers d'exploitation, dont les principaux produits sont : La Bentonite, La Baryte, le Carbonate de Calcium, le Zinc, le Feldspath, la Dolomie, le Kieselguhr, les Granulats et Enrochements. Le groupe « ENOF » est chargé de profession "Fabrication, commercialisation et développement de produits miniers". (ENOF, 2023)

Il est structuré selon l'organigramme ci-dessous :

Présentation de la mine

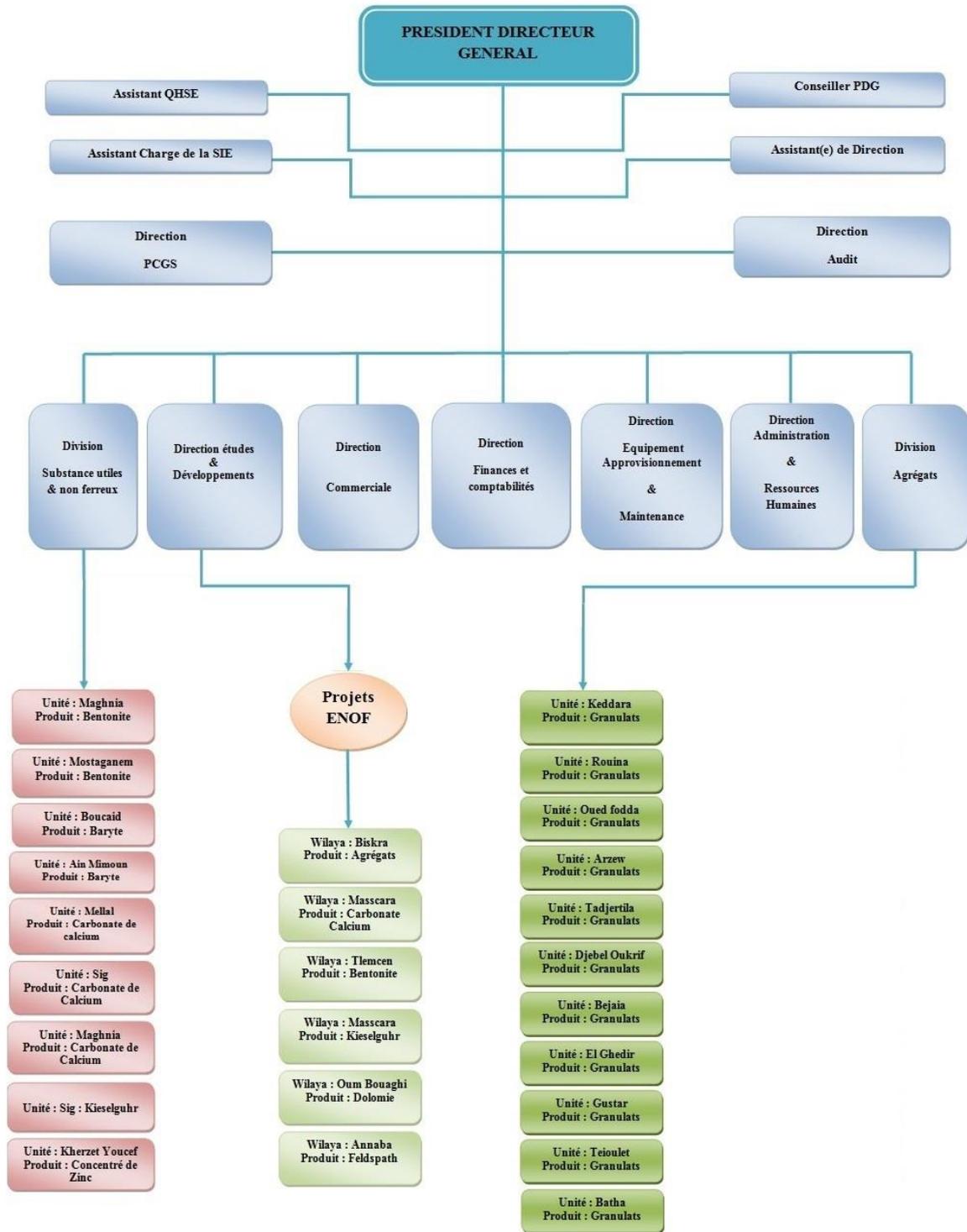


Figure I.1 : Organigramme de l'entreprise ENOF.

I.4. Cadre géographique et condition climatique :

La mine Chaabet El-Hamra est située sur la ligne des corbeaux, à environ 250 km au sud-est d'Alger et 50 km au sud de Sétif, à 4,5 km d'Ain-Azel et du complexe minier Kherzet Youcef à 7.31 km au sud-est (Figure I.2).

Présentation de la mine

- Les coordonnées UTM Nord-Sahara zone 31 sont :
 - X : de 754170 à 755700
 - Y : de 279800 à 280400

Le climat de la région est semi-aride, froid en hiver et chaud en été. La pluviométrie annuelle moyenne est de 322 mm et dépasse rarement 500 mm. La température moyenne annuelle est de 15°C.



Figure I.2 : Situation géographique de la mine de zinc (Google EARTH)

I.5. Cadre géologique :

I.5.1. Géologie régionale :

Le gisement de Chaabet El-Hamra fait partie de la zone métallo-génique du HODNA au raccordement tectonique de trois (03) structures distinctes (ENOF, 2022):

- Le secteur Est de l'Atlas Tellien,
- Le secteur Sud de l'Atlas saharien,
- Le massif médian du môle d'Ain M'Lila.

Les formations du Crétacé inférieur sont prédominantes et constituées essentiellement de dolomies massives, de grés, de calcaires et de dolomies gréseuses.

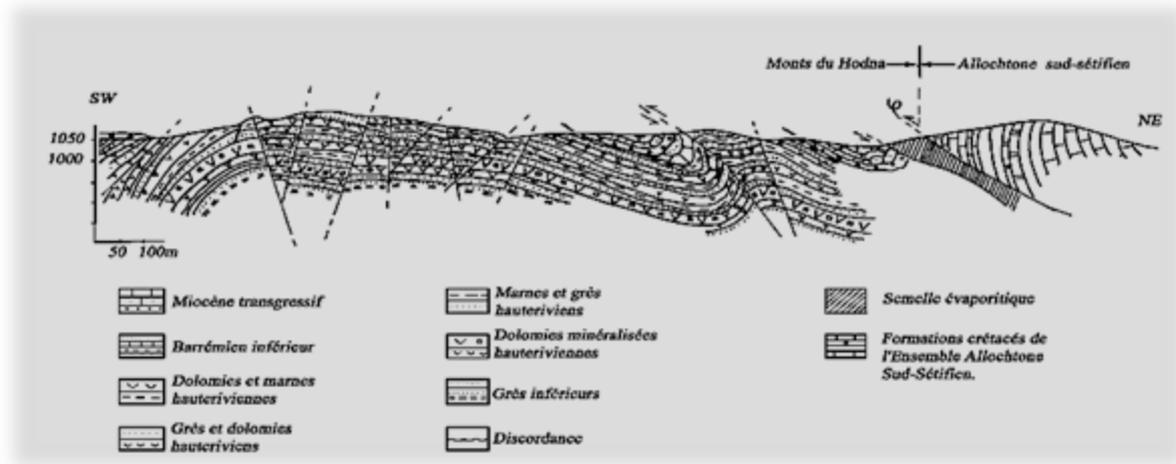


Figure I.3 : Carte de la géologie régionale

I.5.2. Stratigraphie du gisement :

La stratigraphie de la région est caractérisée principalement par les dépôts du Crétacé, dont l'Hauterivien présente le plus grand intérêt, car il contient la minéralisation (**voir annexe 1**). (Ait Kaid, 2009)

Valanginien (n_2) :

Les dépôts du Valanginien (stériles) affleurent à l'Est de la faille orientale et à l'Ouest du gisement sont représentés par une alternance d'aleurolites grises avec des grès quartzeux gris clair, des dolomies gréseuses et argileuses, des calcaires et des marnes gris-verdâtres.

Hauterivien(n_3)

La minéralisation zincifère d'intérêt industriel est localisée dans la partie inférieure du Hauterivien, dont la puissance varie de 100 à 150 m. Cet étage est subdivisé en deux niveaux :

- a. Hauterivien inférieur (n_3^1) : d'une puissance totale variant de 70 à 120 m.
- b. Hauterivien supérieur (n_3^2) : d'une puissance globale variant de 80 à 120 m.

Barrémien (n_4) :

Il est développé au Nord-Ouest et au Sud du gisement et il est subdivisé en deux niveaux :

- a) **Barrémien inférieur (n_4^1)** : est à son tour divisé en trois termes :

n_4^{1a} : formé essentiellement par des grès et des dolomies gréseuses parfois argilo-bitumineuses, avec une fine dissémination de pyrite et de passées de dolomies légèrement oxydée ; la puissance de ce terme varie de 40 à 60 m.

n_4^{1b} : constitué par une alternance de dolomies marneuses massives, de marnes et de calcaires marneux ; sa puissance varie aussi de 40 à 60 m.

n_4^{1c} : représenté par des dolomies massives à grain fins, avec des fissures remplies d'oxydes et de calcite, et une puissance variant de 15 à 20 m.

Présentation de la mine

b) Barrémien supérieur (n_4^2) : est subdivisé en quatre termes :

n_4^{2a} : représenté par des dolomies gréseuses, massives à grains fins ou moyens, avec souvent des fissures remplies par de la calcite et, vers la fin du terme, par de la pyrite disséminée ; la puissance de ce terme varie de 20 à 30 m.

n_4^{2b} : formé de grés bruns, avec une alternance d'aleurolites et d'une dolomie très gréseuse, et, en fin d'intervalle, un aspect broyé de la roche, la puissance du terme varie de 30 à 40 m.

n_4^{2c} : constitué d'une alternance de dolomie gréseuse, de grés bruns et d'argiles verdâtres (dolomies et grés compacts, massifs et légèrement hématitisés). Sa puissance varie de 60 à 130 m.

n_4^{2d} : formé de dolomies gréseuse et argileuse et de calcaire brun-violet, avec des passés d'argile verdâtre. Sa puissance est d'environ 60 m.

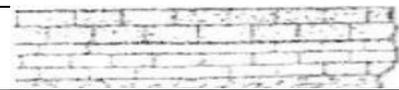
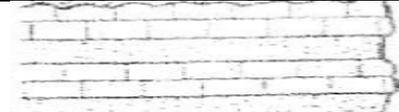
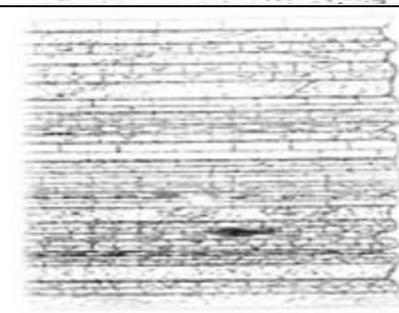
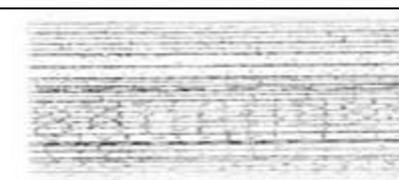
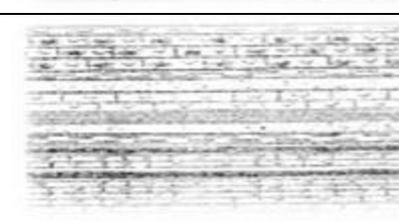
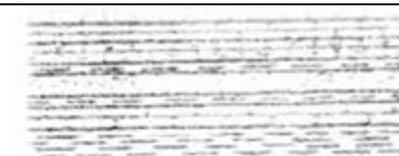
ETAGE	LOG	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
Miocène 30 m		Grés à pecten calcaire et conglomérats
Aptien 60 m		Alternance de grés friables et de calcaires gréseux ; Calcaires massifs à grains fins
Barrémien 260 m		Grés bariolés à litages oblique parfois à laminations violacées ; Calcaires à grains fins et calcaire mameux ; Dolomies massives
Hautérivien supérieur 80 m		Dolomies grisâtres, brunâtres ; Calcaires massifs ; Grés à grains fins.
Hautérivien inférieur 80 m		Dolomies massives grise, parfois bitumineuses, hématitisées ; Grés à grains fins ; Marnes feuilletées ; Quelques lits argileux.
Valangienien		Marnes bariolées avec quelques passages des dolomies de calcaires fins et grés.

Figure I.4 : Log stratigraphique de gisement Chaabet El-Hamra

I.5.3. Structure du gisement :

Le gisement de Chaabet El-Hamra contient du minerai de zinc sous forme de deux faisceaux de couches lenticulaires. Ces faisceaux sont séparés par une couche stérile de dolomie blanchâtre de 6 mètres d'épaisseur. Chaque faisceau est composé de trois couches pour le faisceau inférieur et de six couches pour le faisceau supérieur. Les corps de minerai sont allongés en bande sur une longueur de 2700 mètres et plongent d'un pendage de 10° vers le Nord-Ouest. Le minerai se trouve dans une dolomie poreuse ou bréchique située dans la partie inférieure de l'étage Hautérvien. Le corps supérieur est encaissé dans une dolomie à lits marneux, tandis que le mur du corps inférieur est une dolomie massive à concrétions. (ENOF, 2022)

Les deux corps de minerai sont subparallèles, et séparés par un niveau intercalaire de dolomie à minéralisation pauvre et parfois stérile. Ce niveau peut être absent, de sorte que les deux corps se confondent en un seul corps de minerai continu. Les épaisseurs et les teneurs ne sont pas corrélées, et on observe une distribution contrastée dans les corps de minerai.

Le minerai de sphalérite se présente sous plusieurs types : massif, en tache de recristallisation, fissure et bréchique, ce qui constitue l'essentiel du minerai industriel. En revanche, la galène est très rare et se développe généralement aux extrémités des lentilles, limitant la zone zincifère de celle baryto-pyritifère. (ENOF, 2016)

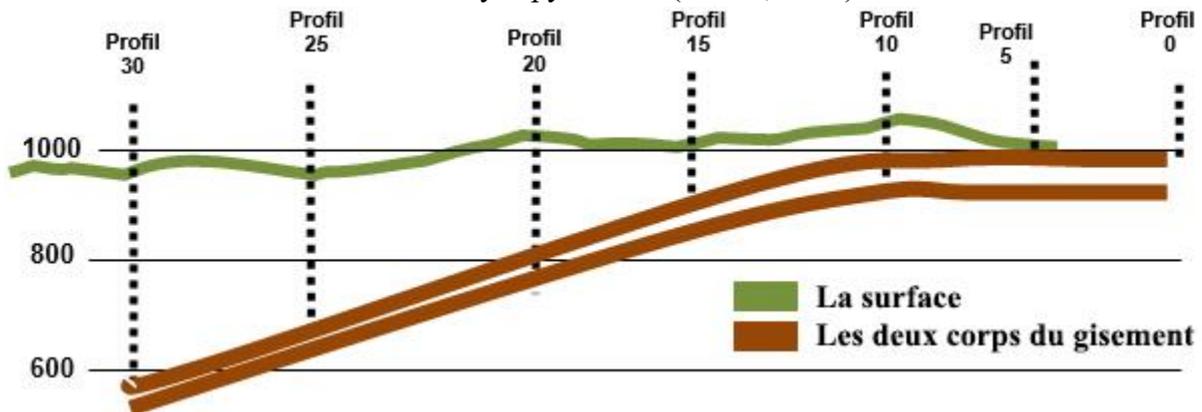


Figure I.5 : Allure du gisement Pr 0 – Pr 30 (ENOF, 2021)

I.5.4. Tectonique :

Le gisement de Chaabet El-Hamra se trouve sur le flanc Sud-Ouest du Horst anticlinal de Rahbat, et présente une structure complexe. Ce gisement est subdivisé en trois blocs distincts (KADRI, 2022):

Le Bloc Est :

Il est délimité par trois failles, et ouvert vers le Sud, où il rencontre les calcaires du Néogène. La structure de ce bloc est un brachyanticlinal avec un pendage des flancs de 10° à 15° NE et 15° à 20° SO. Des complications locales telles que des dômes et des gradins existent également sur le fond général du pli. Le pli est perturbé par deux accidents cassants, à savoir la faille sud, une faille normale avec un rejet vertical de 100 à 120 m et un pendage au Nord inférieur à 65-75°, et la faille diagonale qui s'étend vers le Nord-Est de manière subparallèle sur le plan axial. (KHENNICHE, 2009)

Le bloc central :

Il est en forme de coin, avec l'angle aigu 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, le bloc Central est plus complexe. Dans l'ensemble, le coin représente un Graben qui a une amplitude d'affaissement de 15 à 20 m. (KHENNICHE, 2009)

Le Bloc Ouest :

Il est situé au Nord-Ouest de la faille normale et il est délimité par des dislocations cassantes à l'Est, à l'Ouest, latitudinales et centrales. Le bloc est affecté par plusieurs failles, dont la faille centrale qui est une faille normale qui s'étend du Nord au Sud avec un pendage inférieur à 70-75° vers le Sud-Est et un rejet vertical de 10 à 15 m dans sa partie Nord-Est. La faille latitudinale est également une faille normale dérivée de la faille centrale qui s'étend vers l'Ouest au-delà du gisement avec un pendage de 75 à 80° vers le Nord et un rejet vertical de 10 à 20 m. La faille Est est orientée vers l'Est et dérivée également de la faille centrale. Elle a une amplitude verticale du rejet de 80 m, voire de 100 m selon le plan de faille, et un pendage Sud-Ouest inférieur à 65-70°. La faille Ouest est une faille normale qui commence sous le dépôt quaternaire, bordant le flanc Sud-Est du brachyantoclinal du bloc Est. Elle change de direction jusqu'à 300°, se faisant couper par la faille latitudinale. C'est une faille en escalier formant des plaques et des coins dans une zone d'environ 70 m de large, avec un pendage à l'Est inférieur à 70-85° et des rejets verticaux de 10 m. (ENOF, 2022)

Entre les profils 10-15, il y a deux accidents tectoniques majeurs subparallèles de direction Nord-Est/Sud-Ouest : la faille diagonale et la faille latitudinale. La faille diagonale est localisée entre les profils 13 et 14 avec un rejet de 4 mètres et un pendage d'environ 50 degrés vers le Sud-Est. En revanche, la faille latitudinale se trouve entre les profils 15 et 16, avec un rejet de 10 mètres et un pendage d'environ 60 degrés vers le Nord-Ouest. (ENOF, 2022)

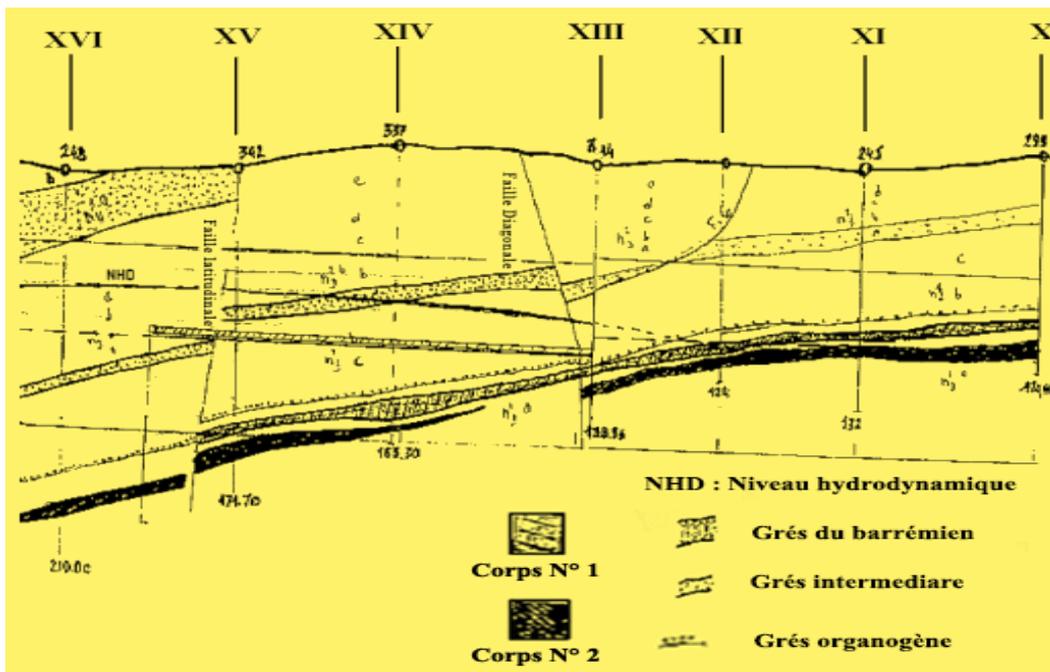


Figure I.6 : Coupe géologique longitudinale de la partie inférieure du gisement de Chaabet El-Hamra

I.6. La minéralisation du gisement :

Le gisement de Chaabet El-Hamra est caractérisé par une minéralisation en faisceaux, sous forme de lentilles minéralisées, qui peuvent être tantôt monominérales ou tantôt mixtes (Figure I.7).

La composition de ces lentilles est principalement constituée de sphalérite, pyrite, et marcassite, avec une présence rare et sans importance industrielle de galène. Les minéraux secondaires sont la galène et l'hématite, tandis que les minéraux de gangue sont la calcite, la barytine, la dolomie est occasionnellement, le quartz et le gypse. Les minéraux d'oxydation comprennent principalement la smithsonite, la cérusite et la limonite.

La minéralisation en pyrite, marcassite, blende et rarement galène est étroitement liée aux roches dolomitiques hauteriviennes et se localise indépendamment des structures tectoniques affectant le niveau porteur de la minéralisation.

Les lentilles minéralisées en zinc se présentent en couches lenticulaires, regroupées en deux faisceaux stratiformes, séparés par un banc de dolomie stérile de 6 mètres d'épaisseur. La galène est rare et se développe généralement aux extrémités des lentilles, limitant ainsi la zone zincifère de celle baryto-pyritifère. La sphalérite est présente sous plusieurs formes : massif, en tache de recristallisation, fissure et bréchique, qui constitue l'essentiel du minerai industriel. (ENOF, 2022)

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

Figure I.7 : La minéralisation du gisement (faisceau supérieur et inférieur) (TAABABOUCHET, 2011)

I.6.1. Caractéristiques du minerai :

Le minerai de Zn dans le gisement de Chaabet El-Hamra est de la sphalérite. C'est un sulfure de zinc (ZnS), avec un réseau du fer jusqu'à 25%, du Mn jusqu'à 5% et des traces de Cd, Ga... ; son système est cubique, en cristaux souvent maclés en minces lames, à clivage parfait, à cassures lamelleuses ou conchoïdale, à éclat résineux souvent translucide avec des reflets rouges verts, jaunâtre à brun-noir. (ENOF, 2022)

On la trouve associée à des pegmatites, mais surtout dans des filons hydrothermaux, ou encore en imprégnation de roches sédimentaires ; fréquemment associée à la pyrite, la galène et la chalcoppyrite.

Les caractéristiques qualitatives du minerai de zinc de Chaabet-El-Hamra sont :

- ✓ La teneur de Zn dans la sphalérite : 67,1%
- ✓ La densité : 3.5-3.8
- ✓ La dureté : 5 à 6 (Mohs)
- ✓ Poids volumique du minerai : 2,8 Kg/m³

I.6.2. Caractéristiques des roches encaissantes (ENOF, 2022):

- ✓ Dureté des dolomies franches : 7-8
- ✓ Dureté des dolomies marneuses : 3-5
- ✓ Poids volumique : $\gamma = 2,6 \text{ Kg} / \text{m}^3$

I.7. Condition hydrogéologique

D'après les données géologiques, hydrogéologiques et les travaux d'exploitation, il a été constaté la présence de deux nappes d'eau au-dessus du niveau 960 m (**Figure I.8**) :

Aquifère du Barrémien : se trouve dans la partie Nord-Ouest du gisement, plus précisément dans la dolomie gréseuse. Cependant, les caractéristiques de cette nappe ne sont pas encore connues, ce qui nécessite une étude hydrogéologique préalable avant toute exploitation de la partie inférieure du gisement.

La nappe Hauterivienne : se trouve dans la partie centrale du gisement et est contenue dans les formations carbonatées à perméabilité de fissure.

Une étude a été faite sur cette nappe, en mars 1993, par un essai de pompage, qui a donné les résultats suivants :

- ✓ Débit : 203 m³/h
- ✓ Rabattement : 43m
- ✓ Perméabilité : 7.6 m/s
- ✓ Epaisseur moyenne : 63 m

Deux sondages hydrogéologiques ont été effectués dans la partie Est du gisement, mais aucun signe d'eau n'a été détecté. Les travaux miniers réalisés par l'ENOF ont confirmé l'absence de niveau aquifère dans cette zone.

Présentation de la mine

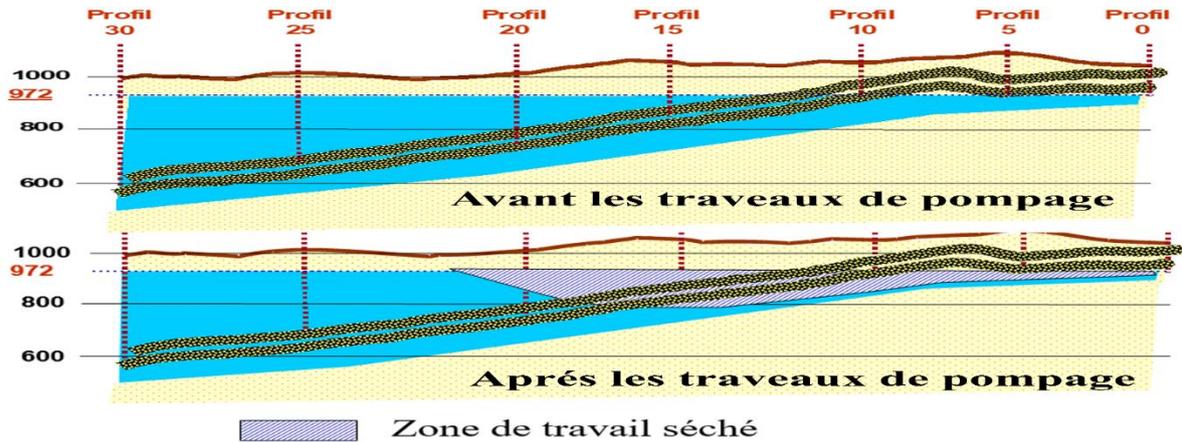


Figure I.8 : Coupe hydrogéologique (ENOF, 2022)

I.8. Réserves géologiques :

Les réserves géologiques de la partie inférieure (profil 10 - profil 15) ont fait l'objet de plusieurs évaluations :

- **Evaluation ORGM 1992** : Cette évaluation est basée sur la méthode des blocs géologiques. (ORGM, 1992) (ORGM, 1992)
- **Evaluation SEDAM 1995** : En expertisant les réserves du gisement, le groupe minier Canadien SIDAM a évalué les réserves géologiques par la méthode de champ d'influence. (SIDAM, 1995)
- **Evaluation ENOF 1996** : Cette évaluation est basée sur la méthode des blocs géologiques avec une teneur de coupure de 4% Zn.
- **Evaluation ENOF 2002** : La méthode de calcul utilisée est celle des coupes géologiques des profils parallèles qui correspond bien aux corps de minerai à teneur variable.

Les paramètres de base utilisés sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Les paramètres de base utilisés dans les évaluations des réserves (ENOF, 2021)

Evaluation	Catégories des réserves	Teneur de coupure (%)	Epaisseur minimale exploitable (m)	Densité	Quantité (t)	Teneur Zn (%)	Métal (t)
ORGM 1992	C1 + C2	3	1	3.04 pour le corps n°1 et 3.07 pour le corps n°2	1 695 800	6.42	108 958
SIDAM 1994	C1	3	2	3.05 pour les deux corps	1 594 127	7.97	127 030
ENOF 1996	B + C1 + C2	4			644 525	7.80	50 273
ENOF 2002	B + C1 + C2	4.4	2.2	3	957 514	8.01	76 697

Les réserves retenues pour le projet d'exploitation au 31/12/2022 sont de 601 327 Tonnes (voir l'annexe 2).

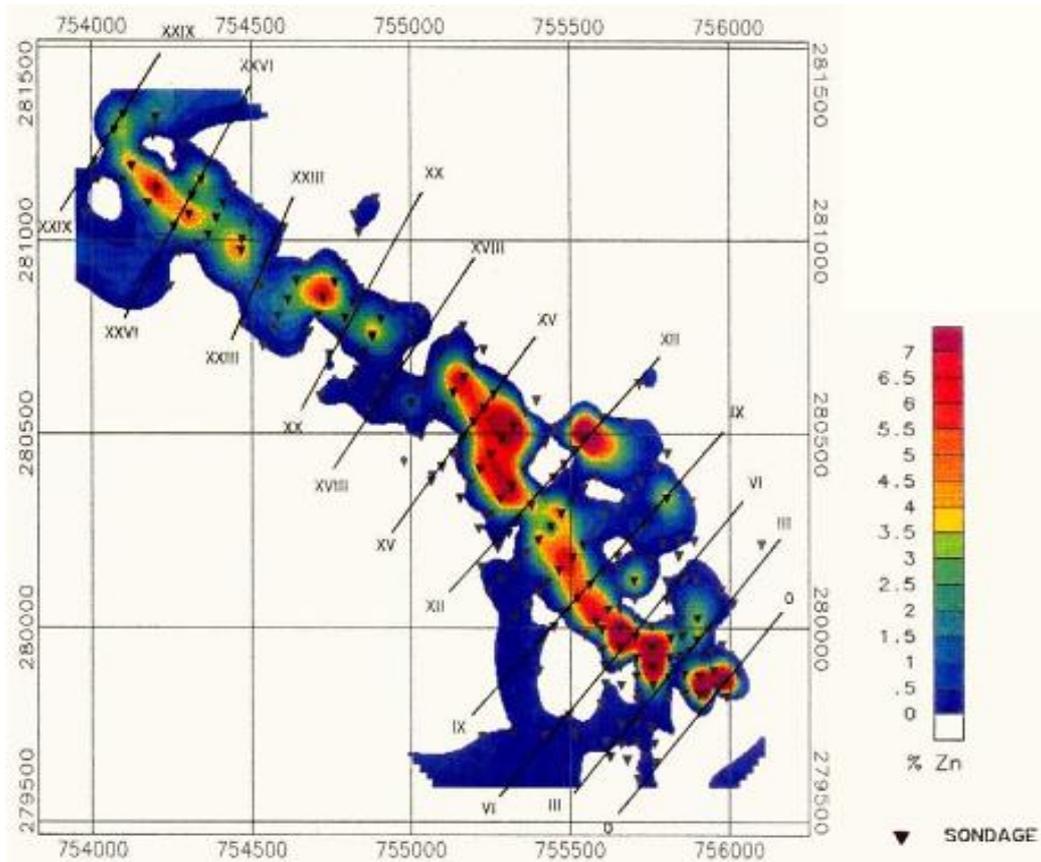


Figure I.9 : Distribution des teneurs en Zn des corps minéralisés (SIDAM, 1995)

I.9. Conclusion :

L'étude géologique de gisement nous a permis d'illustrer une description générale sur la formation de la zone d'étude et l'évaluation des réserves, à savoir :

- ❖ La stratigraphie de la région est caractérisée principalement par les dépôts du Crétacé, dont l'Hauterivien présente le plus grand intérêt ;
- ❖ Le gisement contient du minerai de zinc sous forme de deux faisceaux de couches lenticulaires, les corps de minerai sont allongés en bande sur une longueur de 2700 mètres et plongent d'un pendage de 10° ;
- ❖ Le gisement se trouve sur le flanc Sud-Ouest du Horst anticlinal de Rahbat, et présente une structure complexe ;
- ❖ Le minerai de Zn dans le gisement est de la sphalérite. C'est un sulfure de zinc (ZnS) ;
- ❖ Les données géologiques, hydrogéologiques et les travaux d'exploitation, ont constaté la présence de deux nappes d'eau au-dessus du niveau 960m, (Aquifère du Barrémien et La nappe Hauterivienne)
- ❖ Les réserves géologiques ont fait l'objet de plusieurs évaluations tel (Evaluation ORGM 1992, Evaluation SEDAM 1995, Evaluation ENOF 1996, Evaluation ENOF 2002.)

Chapitre II : Processus d'exploitation et de traitement du Zinc

II.1. Introduction :

Selon les conditions géologiques du gisement (mencionnées au premier chapitre), l'exploitation est effectuée par le mode souterrain.

L'exploitation souterraine nécessite la mise en place d'un réseau de puits et de galeries reliant la surface, et permettant la circulation du personnel, transport du matériel et du minerai. L'accès au gisement se fait par descenderie à partir de la surface.

Toutes les excavations souterraines doivent être équipées de systèmes d'aération, d'alimentation en électricité, d'un système d'exhaure et de roulage. L'extraction du minerai se fait en suivant des méthodes d'exploitation adéquates pour chaque gisement.

II.2. Description du mode d'ouverture :

En 1991, L'ENOF a élaboré une étude pour l'ouverture du gisement de Chaabet El-Hamra et réalisé les ouvrages d'infrastructure ci-après :

II.2.1. Tranchées d'accès et descenderie :

La profondeur de la minéralisation est comprise entre 100 et 400 m, et la morphologie des corps minéralisés est du type lenticulaire, ce qui impose une exploitation souterraine. L'accès à la zone minéralisée se fait par une descenderie, dont l'implantation est située au point le plus bas de la région, à la côte 1020, sur une longueur de 830 m dans les stériles. Elle est utilisée pour la circulation du personnel, du matériel et pour l'évacuation du minerai. Elle sert également comme entrée d'air frais vers l'exploitation souterraine.

Cette descenderie est précédée d'une tranchée d'accès, d'une longueur de 113 m, allant de la côte 1034 à celle de 1025 mais d'une inclinaison contraire à la pente de la descenderie, de l'ordre de 6 %.

La tranchée d'accès est dotée de murs de protection en béton, avec un puisard pour le drainage des eaux pluviales.

II.2.2. Travers-banc :

De même section que la descenderie (20,60 m²) et à la côte 960, ce travers-banc a une longueur de 289 m et une inclinaison de 4 % (en traversant la zone minéralisée) et relie le puits d'aéragage et de secours à la descenderie, suivant le profil 10.

II.2.3. Puits d'aéragage et de secours :

Initialement c'est un sondage d'aéragage, ce puits a une section de 9,60 m² et une profondeur de 117 m, dont 10 m de puisards, et se trouve entièrement bétonné, partant du niveau 960 et débouchant au jour à la côte 1066,74.

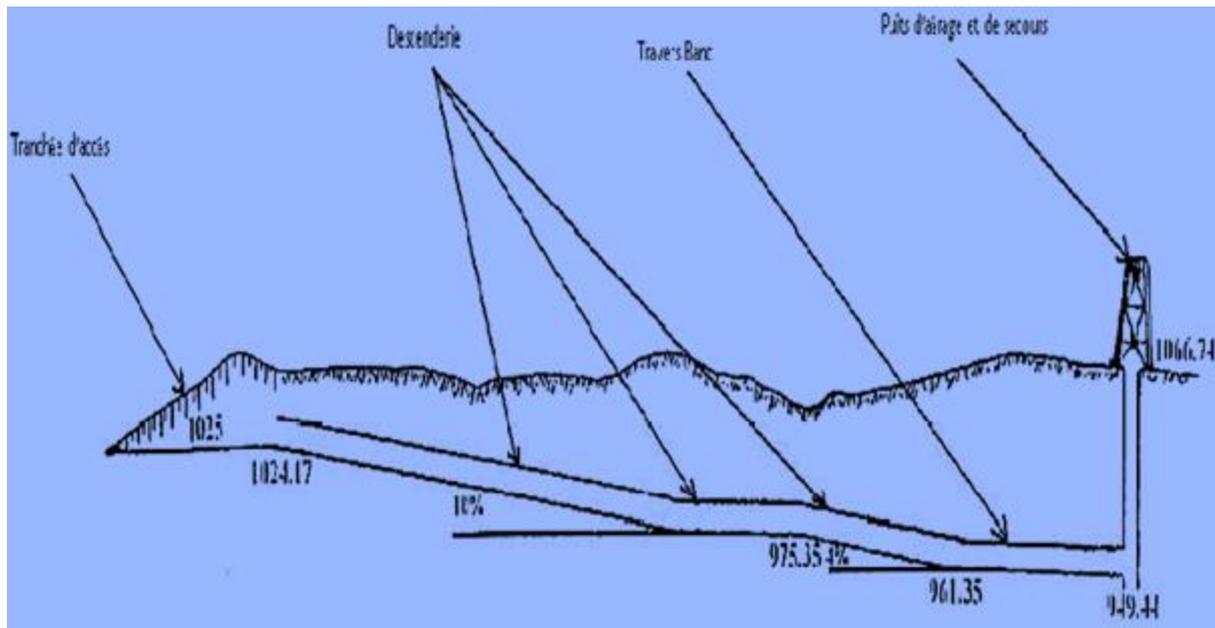


Figure II.1 : Coup des ouvrages d'ouverture du gisement (KHENNICHE, 2009)

Lors du creusement du puits d'aérage, le niveau hydrostatique a été rencontré à la cote 972. Cette situation a amené l'ENOF en 1996 à considérer que les réserves du profil 0 au profil 15 sont distinguées en deux parties (voir l'annexe 3):

1. Une Partie Supérieure, du profil 0 au profil 10 :

Caractérisée par des débits faibles des venues d'eau, et de la pente qui favorise l'évacuation des eaux par gravité. L'exploitation de cette partie a été achevée en 2004.

2. Une Partie Inférieure, du profil 10 au profil 15 :

Cette partie du gisement est sous le niveau de la nappe.

II.3. Description des méthodes d'exploitation:

Le bureau canadien SIDAM a proposé la méthode d'abattage par chambres et piliers avec remblayage par les rejets stériles de l'usine de traitement. Le sable et les rejets seront transportés de Kherzet Youcef à Chaabet El-Hamra.

Au préalable, ce sable stérile de la laverie devrait être mis en pulpes, mélangé à 4-5% de ciment avant d'être coulé dans les chantiers, qui auront besoin, au moyen d'une installation de tuyauterie appropriée. (ENOF, 2016)

a. Les avantages de la méthode :

- Une récupération totale des réserves,
- Une sécurité maximale dans les travaux d'abattage,
- Un taux de salissure réduit.

b. Les inconvénients de la méthode :

- Plus de main d'œuvre,
- Un complément d'équipements à mettre en œuvre pour la préparation de la pulpe,
- Coût additionnel d'investissement et d'exploitation qui viendront grever les résultats.

Cette méthode soumise à l'avis de plusieurs bureaux d'études techniques n'a pas été retenue pour son coût élevé qui risque de compromettre la rentabilité du projet.

Elle fut rejetée à la faveur de deux méthodes qui convenaient à la morphologie du gisement, la puissance de la minéralisation, sa qualité et son pendage. Ainsi que leurs simplicités et productivités avec 10% de pertes et de 8 à 10 % de salissage.

Ces méthodes sont :

- Le traçage, dépilage pour les couches dont la puissance est ≤ 05 m.
- Les sous-niveaux foudroyés pour les couches dont la puissance est >05 m.

II.3.1. Méthode d'exploitation de traçage et dépilage :

C'est une méthode qui convient aux couches minéralisées de faible puissance, ≤ 5 m. Dont son principe consiste à creuser une série de chambres parallèles appelées "traçages". Ces chambres sont séparées entre elles par des piliers de 12 m de large et exploités de la façon suivante :

On perce une enlevure de 4 m de large à 4 m des éboulements, qui laisse entre les éboulements un rideau. Ce rideau est partiellement exploité à son tour, en traçant une refonte qui laisse subsister 2 piliers résiduels, ces piliers sont amaigris puis torpillés à l'explosif. Le minerai est ainsi récupéré, et cette dernière étape entraîne le foudroyage du toit. Les piliers résiduels qui jouent un très grand rôle dans la maîtrise de l'effondrement du toit, ils règlent la distance entre l'alignement des fronts et la ligne de cassure de foudroyages. Cette ligne doit être orienté de 35° à 45° sur les fronts et qui se trouve à plusieurs mètres du dernier pilier résiduel.

Le dépilage se poursuit de telle manière que l'exploitation des piliers se rabatte suivant la puissance de la couche. Les pertes constituent 10 à 15 %. (BOKY, 1968)

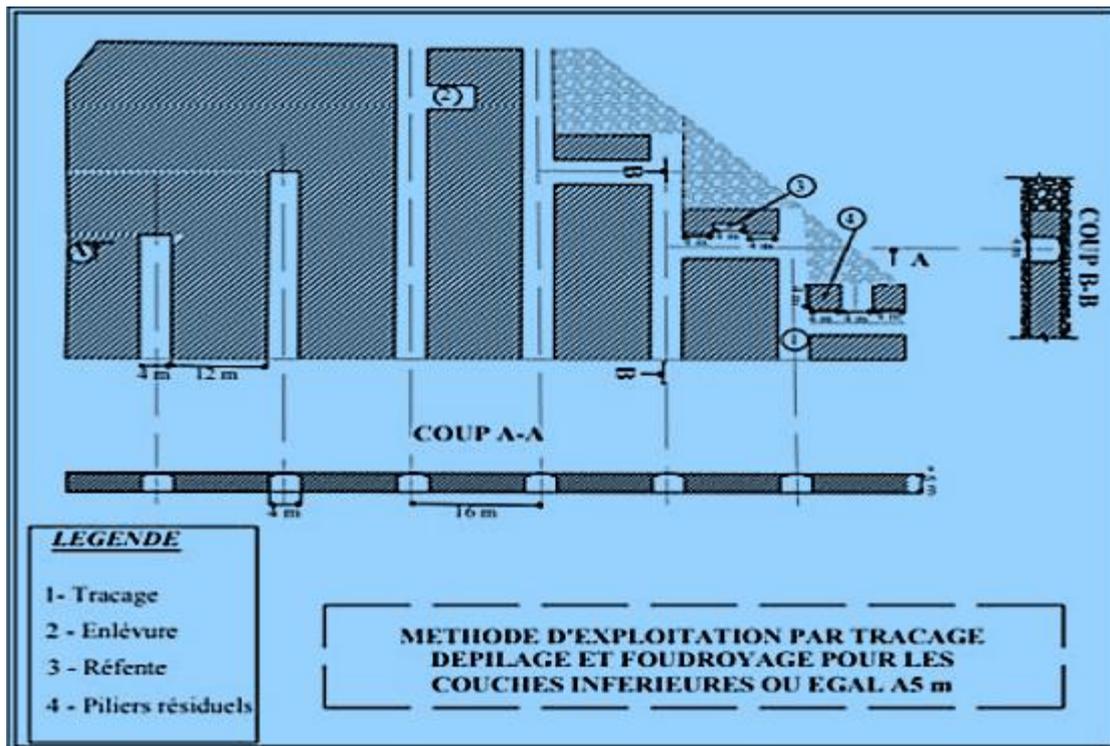


Figure II.2 : Méthode d'exploitation par traçage et défilage

- Les avantages de la méthode :
 - Méthode simple à appliquer et reconnue par sa facilité de sa mise en œuvre ;
 - La multiplicité des fronts d'attaque permet d'assurer une grande productivité ;
 - On utilise les mêmes engins de traçage pour le défilage.
- Les inconvénients de la méthode :
 - Difficulté d'aérage du chantier ;
 - Problème de dilution puisque la méthode fait partie des méthodes de foudroyage.

II.3.2. Méthode d'exploitation par sous niveaux foudroyés :

C'est une méthode qui convient aux couches minéralisées dont la puissance est >5 m. Dont son principe consiste à creuser une série de chambres parallèles distantes de 12 m de large, creusées toutes dans le même sens et qui permettent d'obtenir, ainsi, des longs piliers de 12 m de large, ces piliers sont exploités de la façon suivante :

Au bout de chaque traçage (chambres parallèles), une cheminée est percée sur toute la puissance du corps minéralisé (du mur au toit). Ensuite, une ouverture en fente de 2 m environ de large est pratiquée perpendiculairement au traçage qui servira comme surface libre au tir.

Le soutirage est amorcé 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 on procède au chargement du minerai, l'opération de soutirage est arrêtée lorsque les pierres de foudroyage apparaissent. Le soutirage des différentes chambres du bloc est

Processus d'exploitation et de traitement du Zinc

conduit de manière telle que la séparation de la zone de foudroyage, et de la masse en place se présente suivant une ligne brisée dans l'orientation générale est inclinée de 35° à 45° sur la direction des chambres.

Ce mode opératoire permet de placer les chantiers de soutirage en zone fortement déconsolidée mais hors de la zone de sur contrainte qui se trouve à l'intérieur du massif.

La méthode, nécessitant des équipements appropriés, est simple, productive et dont les pertes de minerai sont de 10%, et le salissage varie de 8 à 10%. (Bullock, 2001)

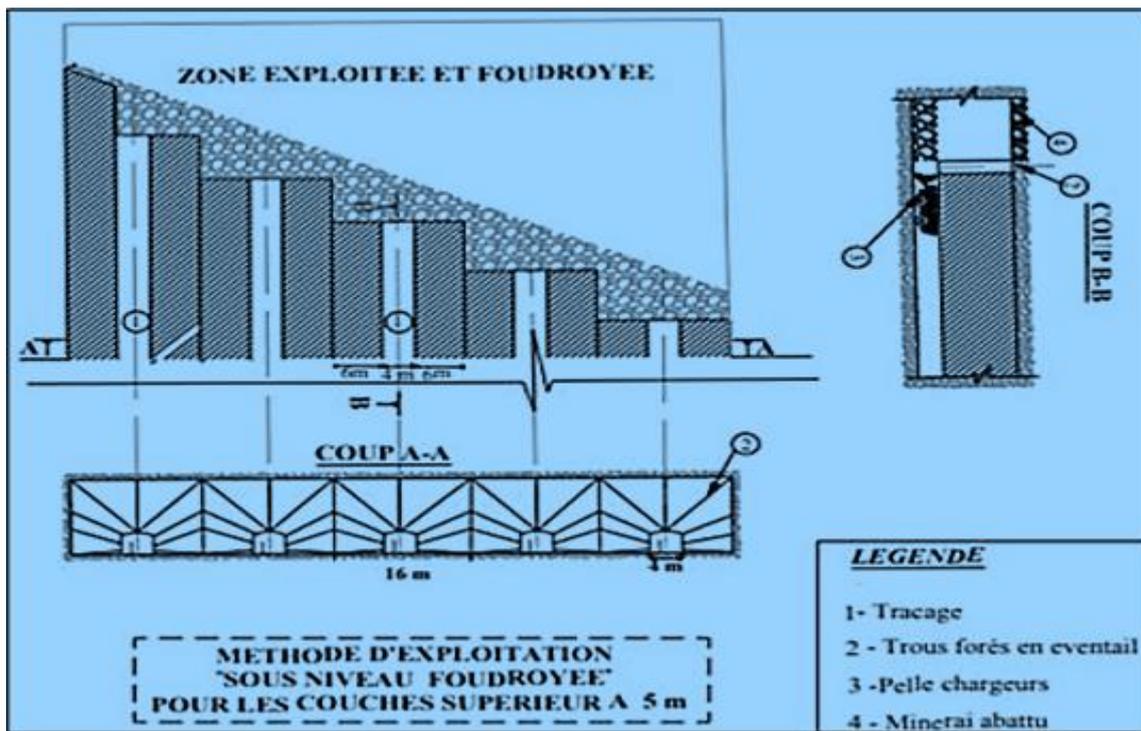


Figure II.3 : Méthode d'exploitation par sous-niveaux foudroyés

➤ **Les avantages de la méthode :**

- Taux de production élevé ;
- Bonne concentration des travaux ;
- Nombreux points de chargement ;
- Bonnes salubrité et sécurité ;
- Approprié à la pleine mécanisation ; la bonne tenue générale des terrains permet le creusement des galeries assez larges pour les engins miniers encombrants.

➤ **Les inconvénients de la méthode :**

- Forte dilution lors du chargement (mélange stérile et minerai) ;
- Consommation d'explosifs très élevé ;
- Evacuation de stérile provenant de creusement des plans inclinés, des passages au mur et des recoupes ;
- Ebranlement des terrains environnants et création des contraintes induites qui déstabilisent le terrain (affaissements en surface) ;
- Coût de développement élevé.

II.4. Travaux préparatoires et d'infrastructures :

Ces travaux sont primordiaux pour toute exploitation minière rationnelle qui respecte les règles de l'art minier pour une bonne optimisation d'abattage et d'extraction, de production et de faciliter l'accès aux différents niveaux du site.

Cette opération consiste à réaliser de divers ouvrages miniers (galeries, cheminées, recoupes, pistes d'accès) dans le but de préparer **601 327** tonnes à l'extraction. (ENOF, 2021)

II.4.1. Travaux d'infrastructure :

Les travaux d'infrastructures ont consisté à réaliser deux voies principales d'accès aux différents blocs à partir du travers-banc 960 vers le profil 0. La longueur totale de ces deux galeries est de 1000 m avec des pentes de 3% à 15%.

Ces voies ont été tracées en pleine lentille dans un souci évident, à la fois de recherche et de production. (ENOF, 2021)

II.4.2. Travaux préparatoires :

Chaque lentille minéralisée est découpée en blocs d'exploitation, et chaque bloc comporte le numéro de la lentille suivi de celui de blocs : par exemple, 3/6 signifie bloc 6 de la lentille 3.

Les travaux de découpage ont pour but la préparation des réserves du bloc à l'abattage, et ceci consiste à tracer, à partir de la galerie principale (ou galerie d'accès aux blocs), les galeries secondaires (ou galeries de traçage) afin de délimiter des panneaux de minerai d'une largeur moyenne de 25 m et d'une longueur liée à l'extension de la minéralisation.

Ces travaux ont eu aussi un double objectif de recherche et de production. Cette situation de recherche production a duré de 1994 à 1998. (ENOF, 2016)

II.5. Paramètres d'exploitation :

II.5.1. Travaux d'abattage :

L'abattage au niveau des fronts de taille se fera à base d'explosifs chargés dans des trous de mines, ces derniers sont forés selon un plan de tir préalablement établi.

Le cycle d'abattage comprendra :

- **La foration des trous** : La foration est réalisée à l'aide de marteaux perforateurs de type YT29A et des fleurets en acier monobloc de 38 mm de diamètre, la longueur de foration est comprise entre 1,60 m et 2,40 m. La foration d'un trou de 1,60 m dure environ 6 mn et la foration de 30 trous nécessite un temps de 180 mn soit 3h de foration par front. Les marteaux perforateurs seront alimentés en air par un compresseur d'air comprimé installé en surface. L'eau et l'air parviendront aux fronts de taille, à travers la galerie d'aéragé, au moyen de conduites appropriées.

Tableau II.1 : Caractéristiques techniques du marteau perforateur YT29A (KADRI, 2022)

Poids (Kg)	26.5
Diamètre du cylindre (mm)	82
Pression d'air de travail (Mpa)	0.63
Consommation d'air (L/sec)	≤65
Pression de l'eau (Mpa)	0.3
Diamètre de trous de forage (mm)	34÷45
Profondeur des trous (m)	5

- **Le chargement des trous en explosif** : Le type d'explosif prévu à l'utilisation est le SAMEX, dont la densité est de 0.95 à 1.25 avec une vitesse de détonation de 4500 et 5500 m/s, actuellement on utilise l'explosif de type Gélanit disponible sur le marché national, dont la densité est de 1.45 et la vitesse de détonation est de 5800 m/s, chaque cartouche pèse environ 250 g, 23 cm de longueur et 30 mm de diamètre. On introduit soigneusement la cartouche amorcée au fond du trou à l'aide d'un bourroir puis les autres cartouches (au total 3 à 4 cartouches par trou). Une fois cette opération terminée, les trous sont obturés avec un bourrage constitué de sable ou d'argile. La première cartouche de chaque trou est reliée à un détonateur électrique à retard (DER) qui est lui-même relié à la ligne de tir puis à un exposeur.

Tableau II.2 : Caractéristique de Gélanit utilisé

Poids (Kg)	0.25
Longueur de la cartouche (cm)	23
Diamètre de la cartouche (mm)	30
Densité	1.45

- **Le tir** : il se fait au moyen d'un exposeur à partir d'un refuge. Sur le Schéma de tir, les trous de la zone centrale (trous de bouchon) sont disposés de façon qu'ils soient abattus en premier. Le nombre de tir effectué au niveau de la mine CEH est de 2 tirs par semaine à la moyenne.

La consommation spécifique d'explosif dans l'abattage par trous de mines varie selon la dureté de la roche. (Pour le cas de Chaabet El-Hamra, on prend une quantité de 0,8 kg/m³.) (ENOF, 2021)

Cette opération est suivie d'un arrosage et d'un raclage systématique, pour évacuer les gaz et les poussières du tir et détecter les explosifs ratés.

L'eau destinée à la foration et à l'arrosage, proviendra du champ captant de Chaabet El-Hamra.

II.5.2. Le soutènement :

Dans certaines zones, où la pression des terrains est élevée, le soutènement par les cintres métalliques est renforcé par des charpentes métalliques assemblées par boulonnage, le garnissage se fait en bois.

Au niveau des roches friables, les excavations sont soutenues par des cintres métalliques, espacés l'une de l'autre d'environ 0,8 à 1,5 m, le garnissage est fait par des plaques métalliques ou par dalles en béton ou parfois en bois. (ENOF, 2021)

II.5.3. Chargement et transport

Marinage

L'évacuation du tout Venant du front de taille vers le lieu de chargement se fait par pelle transporteuse sur une distance de 50 m environ (distance entre le front tiré et le lieu de chargement), il s'agit d'une chargeuse Sandvik du type LH203 dont la capacité du godet est de 3.5 tonnes (1.5 m³) et se déplace à une vitesse de 1.2 km/h soit 20 m/mn.

Pour vider un front de 36 tonnes, la pelle doit faire 12 cycles où le temps d'un cycle est de 5 minutes. Donc le temps de marinage d'un front est de 60 minutes.

Pour le marinage de 10 fronts, il faut que les deux pelles travaillent en même temps.

Tableau II.3 : Caractéristiques techniques du chargeuse LH203 (*RENTALS, 2023*)

Dimensions (L-l-H)	7,1 x 1,5 x 1,9 m
Capacité	3,5 tonnes métriques
Capacité de godet	1,5 à 2 m ³
Poids (opérationnel)	8 700 Kg
Effort d'arrachement hydraulique levage	61 KN
Force d'arrachement hydraulique inclinaison	55 KN
Puissance moteur	75,1 KW
Vitesse (En charge)	25,2 Km/h

Extraction

L'extraction du tout-venant au jour se fera au moyen de chargeuses et camions sur pneus. Ces engins auront des gabarits appropriés à la section des voies de circulation (galeries de roulage).

Les dumpers (camion Aramine du type T1600) ont une capacité de 15t.

L'extraction au jour se fera suivant l'itinéraire lieu de chargement-galerie de roulage-travers banc-descenderie- aire de stockage jour. Cet itinéraire, très long, s'allongera davantage au fur et à mesure de l'éloignement du travers banc jusqu'à environ 1 800 m, au niveau du Pr 15.

L'extraction par un (01) dumper, pendant un poste nécessite 10 cycles avec une charge utile de 12 t/40 mn/cycle, sera de 120 t/jour/dumper.

Processus d'exploitation et de traitement du Zinc

Donc trois (03) dumpers seront nécessaires pour transporter les 360 t/jour. Il en découle une organisation de travail en deux postes.

Un poste sera consacré aux travaux de foration et de marinage, l'autre à l'extraction du tout-venant ou du stérile et le chargement d'explosif et le tir.

Tableau II.4 : Caractéristiques techniques du camion Aramine T1600

Longueur	8.6 m
Largeur	2 m
Hauteur de déchargement	4.4 m
Capacité de la benne	15 tonnes
Volume en semi dôme	6-9 m ³
Poids à vide	17 tonnes
Rayon de braquage	42°

Transport du jour vers la station de traitement :

Le transport du tout venant à partir de la plateforme de stockage située à Chaabet El-Hamra sera fait par 2 camions récupérés de la mine d'AL ABED de capacité théorique de 20 tonnes chacun, avec un taux de remplissage de 0.75 et taux d'utilisation de 0.8.

II.5.4. L'aérage de la mine :

Dans la mine, l'aérage principal est assuré par un ventilateur aspirant de type 1300 HDM, installé au niveau du puits d'aérage et de secours.

L'air frais passe par la descenderie, baigne les fronts de taille en activité et l'air vicié est acheminé par la galerie d'aérage, ensuite il est évacué au jour par le puits.

L'aérage de chaque chantier d'exploitation est assuré par des ventilateurs secondaires (de type : CVM5, CVM6 et 24KVK) en système d'aérage combiné, c'est à dire refoulement d'air frais vers le front de taille et aspiration de l'air vicié de ce dernier.

Dans ce cas l'acheminement de l'air (frais et vicié) s'effectue à travers des gaines en plastique (ventubes). Pour éviter le mélange de l'air frais avec de l'air vicié, on installe au milieu des galeries de jonction un barrage (cloison).

Tableau II.5 : Les besoins en air dans la mine

Désignation	Norme de consommation	Nombre	Besoins (m ³ /s)
Homme	3m ³ /min	40	2
Pelle chargeur (87 Cv)	5m ³ /min/Cv	1	7
Camion navette (117 Cv)	5m ³ /min/Cv	2	19,5
Consommation d'explosif (Kg)	/	200	15,5
Production journalière (t)	/	303	4
T o t a l			48

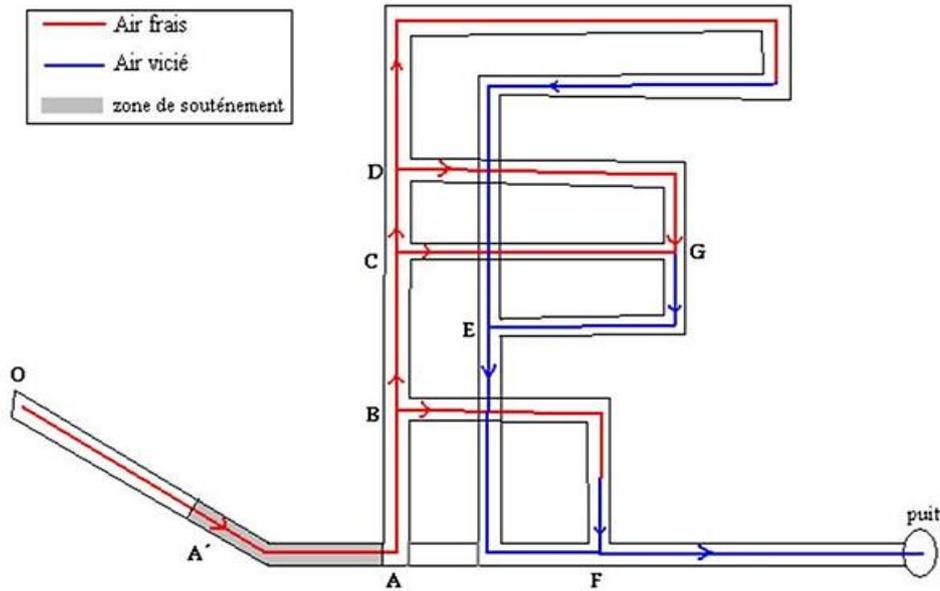


Figure II.4 : Le chemin d'aérage de la mine de Chaâbet El Hamra.

II.5.5. Alimentation en énergie électrique :

La mine de Chaabet El-Hamra est alimentée par un réseau électrique en provenance de la centrale électrique de Ain Azel, de tension d'arrivée de 30 KV. Cette énergie électrique est utilisée pour l'éclairage de la mine et dans l'usine de traitement.

II.6. Traitement de minerai et Description de la laverie de Kherzet-Youssef :

L'usine de traitement du complexe minier de Kherzet-Youssef, qui a servi à l'enrichissement du minerai de Pb/Zn de l'ancienne exploitions, mais après le coup d'eau de 2 juin 1990, qui a causé l'inondation de la mine, l'usine a continué à fonctionner avec l'ouverture de la mine de Chaabet El-Hamra distante d'une dizaine de kilomètres puisqu'il s'adapte convenablement pour le traitement du minerai de Zinc provenant de cette dernière.

Les essais de traitement, à l'échelle industrielle, ont montré que la flottabilité du minerai du gisement de Chaabet El-Hamra est assez simple tandis que son broyage est relativement lourd, car il est contenu dans une gangue dolomitique dure.

L'alimentation de l'usine d'enrichissement en tout-venant s'effectuera par camions à benne transportant le minerai de Chaabet El-Hamra à Kherzet-Youssef sur une distance de 12 Km.

L'usine présentait initialement presque toutes les méthodes d'enrichissement. de nos jours la laverie ne produit que le Zn ; ce qui a entraîné les suspensions telle que (la section de séparation gravimétrique, le deuxième étage de broyage, de pré-criblage de T V au niveau du concasseur à mâchoires, des hydrocyclones., de la séparation magnétique et de la section flottation pour le Pb).

Ces modifications tiennent compte de la faible teneur de Pb dans le T V de Chaabet El-Hamra, et répondent au souci d'économie de l'énergie et de dépenses.

Le schéma technologique inclut le broyage humide, après le concassage en deux étapes, suivies de la flottation en trois étapes. La capacité de travail de la laverie maximale est de 100 000 tonnes de tout venant par an. (ENOF, 2023)

II.6.1. Section de concassage et criblage :

Dans le cas de l'usine de Kherzet Youcef ils ont utilisé deux types de concasseurs :

- Un concasseur à mâchoire (Type VB-57 provenance France, Ouverture 80 570mm et vidange 80mm, Capacité 25m² /h).
- Un concasseur à cône (Type KCT-1200 Provenance Bulgarie, Diamètre 1200mm, Orifice d'évacuation 10mm, Capacité de production 45t/h.)

L'installation de préparation du minerai est conçue pour fonctionner à une cadence de l'ordre de 400t/j. la réduction de T V de 0-300 mm jusqu'à 0-20 mm s'effectue en deux étapes.

Première partie :

Le produit abattu est transporté dans des camions et déversé dans la trémie de récupération d'un volume de 30 m³. Le minerai est introduit dans un concasseur à mâchoires, et sort avec une dimension de (0 - 40 mm).

Deuxième étape :

Les produits issus du concasseur à mâchoires sont acheminés à l'aide d'un convoyeur à bande N°1, vers le crible vibrant de type (SIMONS) à maille (20*160 mm), la classe granulométrique supérieure à 20 mm est introduite dans le concasseur à cône, qui fonctionne en cycle fermé avec le crible vibrant. La fraction qui passe par le crible (0-20 mm) est déversée dans deux trémies métalliques d'une capacité de 25 tonnes chacune. Le minerai, est acheminé par suite vers la section broyage à l'aide de la bande N°2.

II.6.2. Section broyage :

Le broyage et la classification visent à révéler les particules minérales, et optimiser les conditions de traitement. Le broyage se fait par voie humide, et se réalise en une seule étape avec deux broyeurs à boulets de capacité de 11 et 17 tonnes/h.

Les deux broyeurs travaillent en cercle fermé avec un classificateur mono-spiral qui ne laisse passer que les fines vers les cellules de flottation.

A noter qu'avant la bande N°3, qui transfère le produit concassé vers les broyeurs, existe deux trémies en béton de 100 tonnes de capacité chacune.

II.6.3. Section flottation :

Le cycle de flottation de Zn, est précédé par une agitation avec du sulfate de cuivre à l'effet de permettre de libérer les grains minéraux de Zn. Le cycle comprend une opération principale, une de contrôle et trois opérations d'épuration.

Le drainage des concentrés vers les épaisseurs se fait par l'intermédiaire de pompes. Après épaisseur, les concentrés sont aspirés par des pompes à membranes et dans des filtres à tambour s'effectue la filtration.

Processus d'exploitation et de traitement du Zinc

Les paramètres technologiques retenus pour ce projet sont :

Taux de Récupération : 85 %

Teneur en zinc dans le concentré : 53 %

Les produits utilisés dans la concentration inclus (E.N.O.F, 2023):

➤ **Éthylxanthate de potassium :**

- Aspect : Poudre grasse jaune
- Densité : 1,26
- Formule chimique : $C_3H_5KOS_2$
- Point de fusion : 225 à 226 °C

➤ **Chaux:**

- Aspect : poudre blanche
- Formule chimique : CaO
- Densité : 3,34
- Masse formulaire : Ca, 71.47 %, O, 28.53 %

➤ **Sulfate de cuivre :**

- Aspect : poudre hydraté bleus
- Formule : $CuSO_4$
- Masse molaire : 159,609 g/mol
- Formule brute : $CuSO_4,5H_2O$ (hydraté)
- T° fusion : 110 °C

➤ **Huile de pin:**

Liquide huileux transparent jaunâtre, peu soluble dans l'eau. Il peut se décomposer en chauffant et en contact avec des acides.

Le concentré de Zn est expédié par camion vers le port de Bejaïa puis par voie marin à l'unité d'électrolyse de zinc de Ghazaouet le principal client.

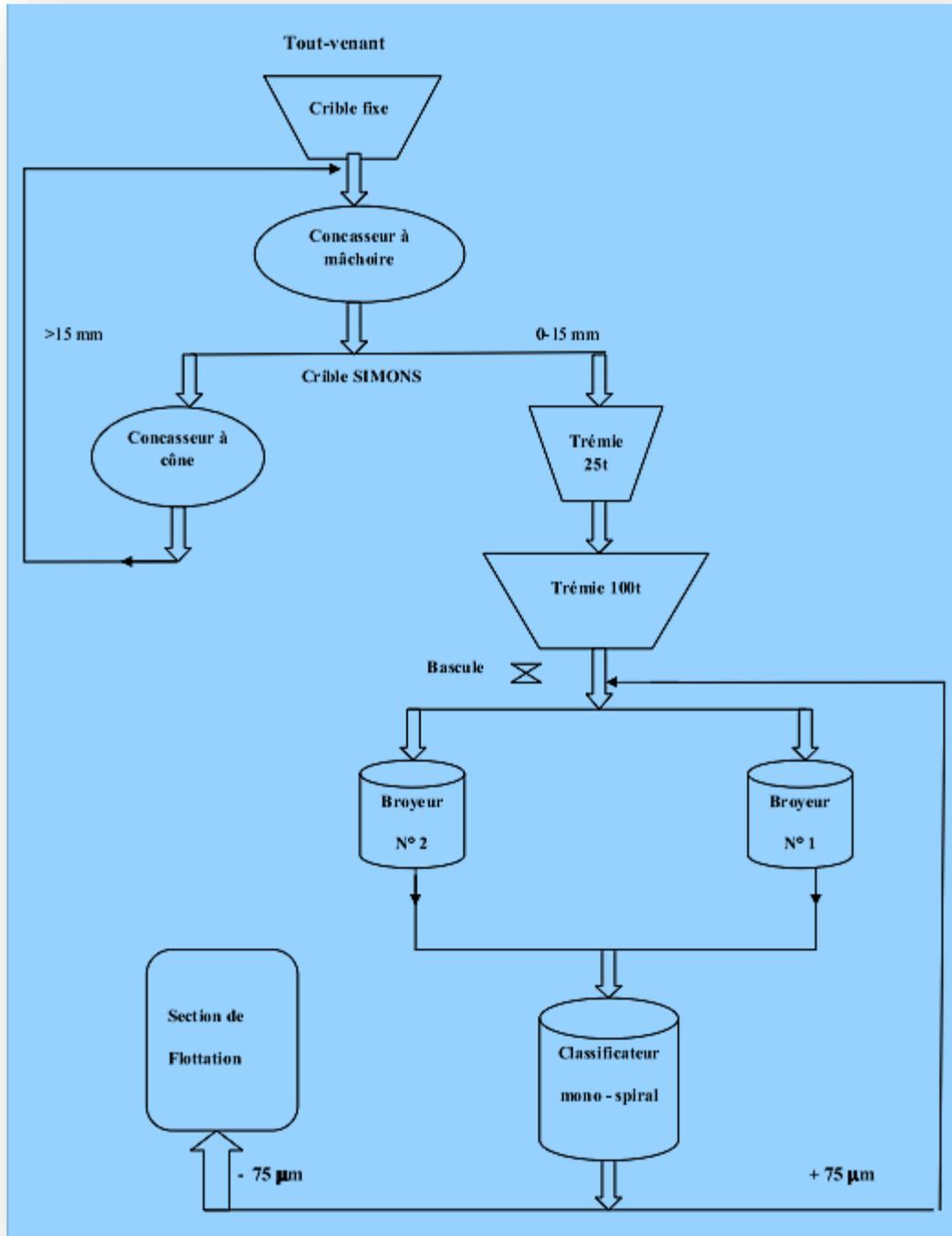


Figure II.5 : Schéma technologique des sections concassage-criblage-broyage de la laverie

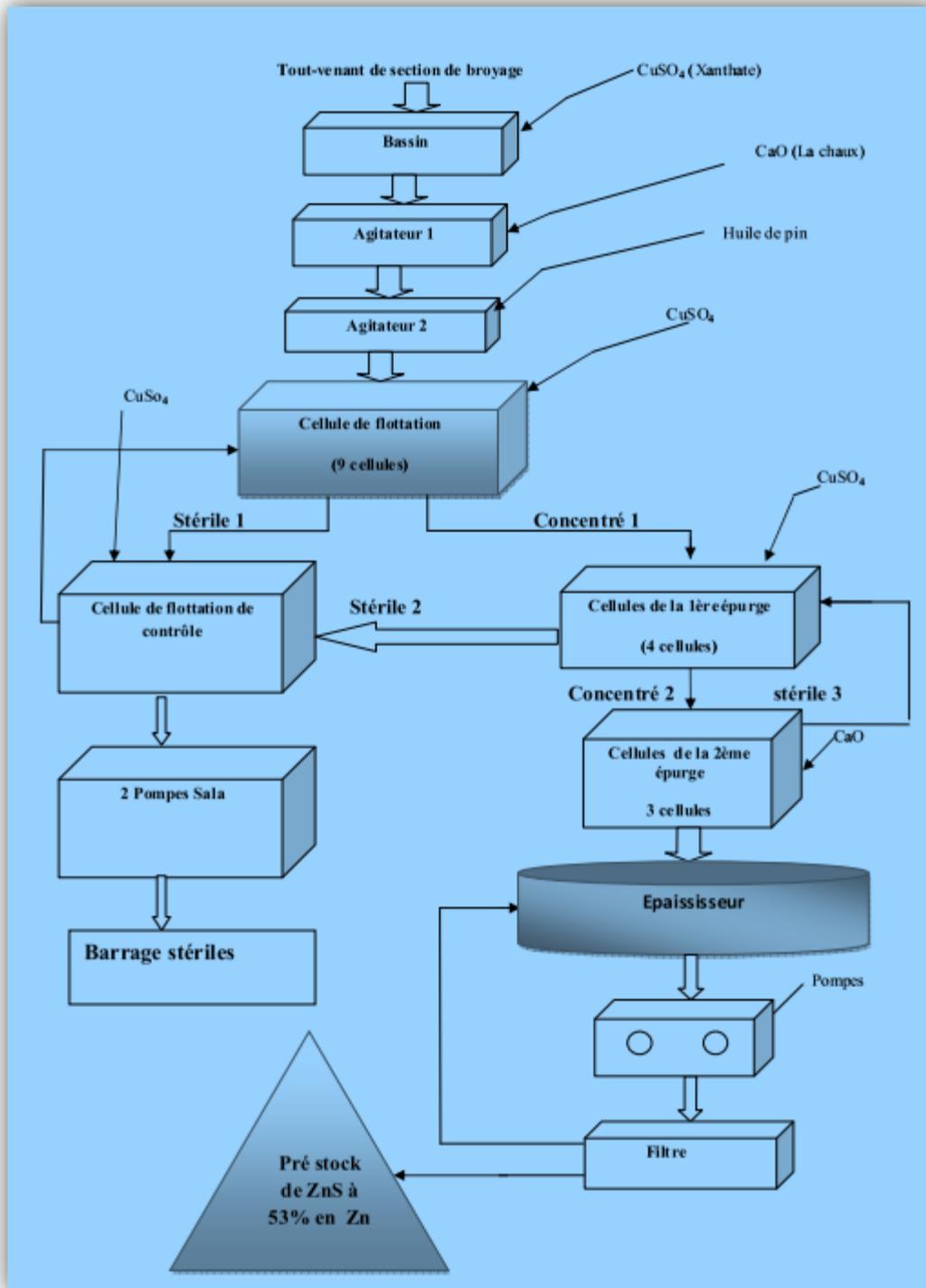


Figure II.6 : Schéma technologique de la section de la flottation de la laverie de Kherzet-Youcef

II.7. Hygiène et sécurité :

Dans une entreprise minière, la sécurité au travail implique plusieurs mesures telles que la coordination, l'inspection et la mise en place de règles strictes de sécurité pour prévenir les accidents. Étant donné les risques élevés dans cette industrie, les travailleurs doivent porter des équipements de protection individuelle (EPI) tels que des casques, des lampes, des gants, ... etc.

Il est important que tout le personnel soit formé sur l'utilisation des équipements et des dangers présents sur le lieu de travail. Pour les travaux souterrains, il est crucial de connaître les gaz qui peuvent être présents et les dispositifs de détection disponibles.

Le respect des règles d'hygiène est également essentiel pour la sécurité des travailleurs, en particulier lors des différentes opérations telles que la foration, le chargement en explosifs, le tir et le transport.

En termes d'hydrogéologie, il est important de maintenir le niveau hydrodynamique de la nappe à moins de 30 mètres en dessous du corps minéralisé inférieur de la partie inférieure du gisement, profil 10-Profil 15.

II.8. Conclusion :

Les caractéristiques du gisement de Chaabet El-Hamra imposent l'utilisation de différentes méthodes d'exploitation (Le traçage et défilage, les sous-niveaux foudroyés).

Cette étude nous a permis de retenir quelques points sur l'organisation et le régime de fonctionnement de l'entreprise depuis l'ouverture jusqu'au traitement de minerai, pour assurer une production annuelle de 7 131 t/an, avec un taux de récupération de 85% métaux et une teneur de 53% Zn.

La préservation de la sécurité du personnel au sein de la mine est primordiale pour le bon fonctionnement des différentes opérations d'exploitation.

Chapitre III : Evaluation des coûts d'entreprise

III.1. Introduction

La réussite d'un projet minier dépend d'une large gamme de facteurs, ce qui rend sa mesure délicate, pour l'entrepreneur, l'indice synthétique final est le profit que dégage l'exploitation du gisement concerné par le projet.

Ce chapitre, sera consacrer à l'évaluation des coûts de la mine après avoir analysé les méthodes d'exploitation appliquer. Pour ce faire, nous allons commencer par détermination des facteurs influons sur le choix d'une méthode, et on termine par, l'identification des différents coûts de l'entreprise de production de zinc.

III.2. Choix d'une méthode d'exploitation :

On appelle méthode d'exploitation, l'ordre établi de la réalisation des travaux préparatoires et des travaux d'abattage dans les conditions naturelles d'un gisement donné, avec les techniques et le matériel que l'on peut mettre en œuvre pour extraire le minerai utile ou dans le cas des gisements métallifères les réserves minières.

Le choix d'une méthode d'exploitation dépend de plusieurs facteurs et qui sont :

- ✓ L'importance du gisement ;
- ✓ Les variations des teneurs ;
- ✓ La puissance, le pendage et l'irrégularité de la formation ;
- ✓ La stabilité de la couronne ;
- ✓ La dureté, les caractéristiques physico-mécaniques du minerai et des encaissants et la nature des épontes.

On doit considérer une méthode d'exploitation rationnelle de manière qu'au cours des travaux elle satisfasse aux conditions fondamentales suivantes :

- ✓ Sécurité des travaux ;
- ✓ Extraction maximale du minerai ;
- ✓ Minimum des ouvrages préparatoires ;
- ✓ Prix de revient minimum pour le maximum de rendement des travaux ;
- ✓ Pertes minimales du minerai.

Les travaux préparatoires et les travaux d'abattage sont réalisés dans les blocs de minerai délimités de l'ensemble du gisement. Ces blocs constituent des chantiers de production dans lesquelles s'effectuent des opérations d'exaction du minerai à l'aide d'une méthode d'exploitation appliquée. Dans le cas des gisements non sédimentaires ces blocs sont appelés les chantiers d'abattage, tandis que dans les gisements sédimentaires les panneaux d'exploitation.

Pour le gisement de Chaabet El- Hamra, les méthodes d'exploitations retenues sont :

- ✓ Le traçage, dépilage
- ✓ Les sous-niveaux foudroyés

Actuellement la mine applique la méthode de traçage et dépilage, c'est pourquoi nous allons estimer les couts de l'entrepris en tenon compte à cette méthode.

III.2.1. Méthode de traçage et dépilage :

Pour une morphologie de type lenticulaire comme celle du gisement de Chaabet El-Hamra, la méthode d'exploitation conventionnelle la plus appropriée est celle par traçage et dépilage.

Comme il a été cité dans le chapitre 2 avec plus de détail sur son principe d'application, cette méthode consiste à creuser des galeries parallèles de 4 m de largeur, appelées « traçage », ce qui constitue la largeur de pilier.

Ces piliers sont ensuite récupérés partiellement, en procédant de la manière suivante :

- ✓ Réalisation successivement de la recoupe et de la refente ;
- ✓ Abandon des piliers résiduels (appelés quilles) de 2m de côté

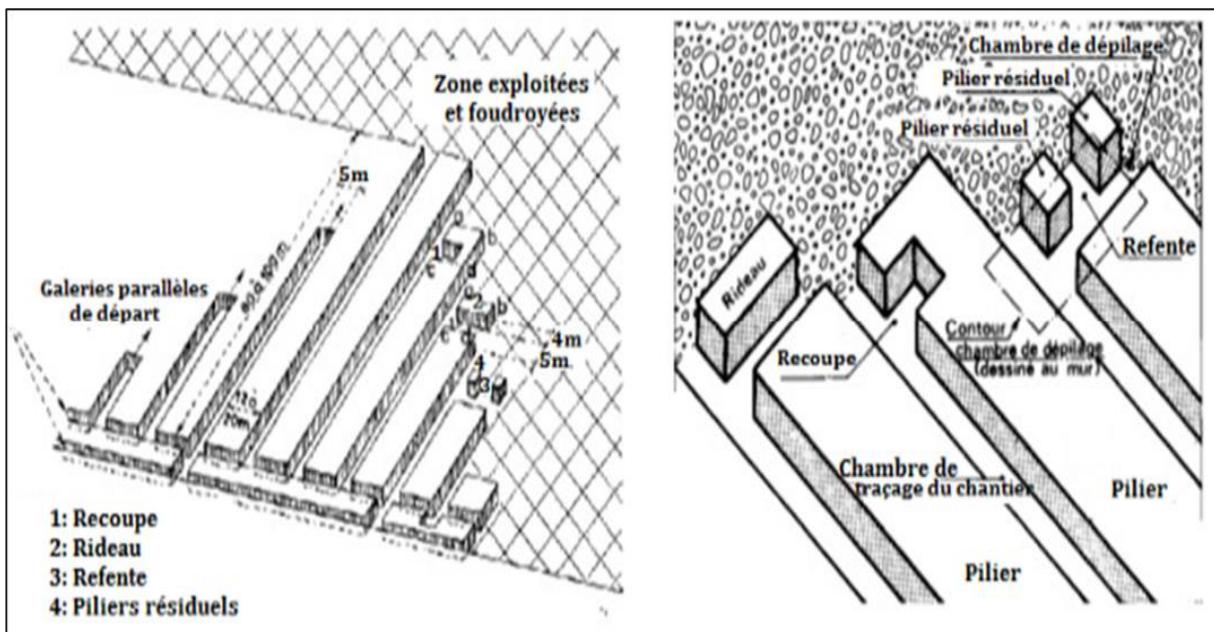


Figure III.1 : Méthode d'exploitation par traçage et dépilage

III.3. Identification des coûts d'entreprise :

Notre stage effectué au sein de la mine Chaabet El-Hamra, nous a permis d'acquérir assez d'informations et données économiques, dans le but d'estimer la totalité des coûts de l'entreprise. Cependant on doit d'abord identifier les différents frais d'investissements et d'acquisitions de projet.

Evaluation des coûts d'entreprise

III.3.1. Coûts fixes :

Tableau III.1 : les coûts fixes totaux déclaré par l'entreprise

Investissement et frais d'acquisition	Quantités	Prix Unitaire (KDA)	Total (KDA)
La machine de foration	1	70 000	70000
Camion navette	3	45 000	135000
Pelle minière	2	28 000	56000
Pelle chargeuse	2	25 000	50000
Fourgon transport d'explosifs	1	1 000	1000
Camion à benne	2	10 000	20000
Compresseur d'air	1	8 000	8000
Sondeuse	1	15 000	15000
Pompe immergée	2	500	1000
Micro bus	2	2 000	4000
Camionnette	1	2 000	2000
Installation réseau alimentation en eau	1 000 ML	3	3000
Construction digue	1	22 000	22000
Réhabilitation de la station de traitement	1	11 000	11000
Etude géotechnique	1	5 000	5000
Etude environnementale	1	200	200
Matériel topographique	-	-	800
Mobilier et matériel de bureau	-	-	625
Redevance d'extraction			46302179
Remise en état des lieu (2% C _A)			4917291.4
Taxe de pollution			8800
Taxe superficiaire			352
TOTAL			51633247.4

La valeur totale des coûts fixes déclaré par l'entreprise est de : **51 633 247 400 DA**

III.3.2. Coûts variables :

Les coûts cités dans le tableau ci-dessous sont déterminé en généralisant les données annuelles pour la durée de vie de la mine (11ans)

Evaluation des coûts d'entreprise

Tableau III.2 : Les coûts variables totale de l'entreprise

Désignation	Coûts totaux (DA)
Carburant et lubrifiant	77 735 031
Pieces de rechanges, pneus & accessoires	336 276 567
Outillages	2 196 348
Fer, fonte et acier	35 612 214
Bois de mine & matériel de construction	235 323
Matériels et fournitures électriques	9 099 156
Fournitures de bureaux	2 117 907
Electricité et eau	172 727 082
Réactifs chimiques	82 676 814
Divers fournitures	2 585 553
TOTAL	721 261 995

La valeur totale des coûts variables est de : **721 261 995 DA**

III.3.3. Les frais de personnels :

Tableau III.3 : personnels d'entreprise

Catégories socioprofessionnelles	Effectifs
Cadres	25
Maitrise	74
Exécution	36
Total	135
Dont temporaires	13
Dont Sécurité	29

La masse salariée du personnel d'entreprise pour la durée de vie de mine est de : **805 246 836 DA**

Dans notre cas, le minerai extrait au niveau de la mine est transporté et traité à l'usine de traitement. Par conséquent, il est nécessaire de prendre en compte à la fois les coûts d'exploitation et les coûts de traitement du minerai, afin de les différencier en fonction des besoins et des objectifs de ce mémoire (calcul de la teneur de coupure de la mine et du traitement séparément).

Dans ce qui suit, nous allons diviser les coûts en tenant compte du plan suivant :

Coûts d'exploitation :

- Frais d'acquisitions d'engins et outils d'exploitation
- Coût d'étude géotechnique
- Taxe superficielle
- Redevance d'extraction
- Coût d'installation réseau alimentation en eau, Micro bus, Etude environnementale et le coût de mobilier et matériel de bureau
- Coûts des bois de mine et matériels de construction
- Coûts du carburant et lubrifiant, REL
- Coûts pour les pièces de rechanges, pneus et accessoires, Electricité et eau, taxe de pollution.
- Coûts pour le reste des coûts variable en excluant sel des réactifs chimiques

Coûts de traitement :

- Le coût de construction de digue
- Le coût de réhabilitation de la station de traitement
- Coûts suivants : micro bus, installation réseau alimentation en eau, étude environnementale et le coût de mobilier et matériel de bureau
- Réactifs chimiques
- Coûts du carburant et lubrifiant, REL
- Coûts pour les pièces de rechanges, pneus et accessoires, Electricité et eau, taxe de pollution
- Coûts pour le reste des coûts variable.

III.4. Estimation des couts d'exploitation :

Dans cette partie, on va estimer les coûts d'exploitation de la totalité de gisement en tenant compte la durée de vie de la mine déclaré par l'entreprise est de 11 ans

III.4.1. Travaux préparatoire et infrastructure :

Les galeries et les recoups ainsi que les cheminées représentent les travaux de creusement des ouvrages miniers. Les galeries et les recoups ont les mêmes dimensions de section de 12m^2 ($3 \times 4\text{m}$).

La foration est réalisée à l'aide de marteaux perforateurs de type (YT29A) et des fleurets en acier monobloc de 38 mm de diamètre, la longueur moyenne de foration est de 1.2m.

Dans le cas de la mine de Chaabet El-Hamra, on utilise de l'explosif de type Gélanit produit par l'ONEX Chaque cartouche pèse environ 250 gr et est de 23 cm de longueur et 30 mm de diamètre, avec une consommation spécifique d'explosif dans l'abattage par trous profonds varie selon la dureté de la roche.

Evaluation des coûts d'entreprise

Ils utilisent en général des amorces électriques à retard, déclenchées par la même impulsion électrique, partent à des intervalles de temps fixes (20 millisecondes), les mines sont disposées de façon que la zone centrale (bouchon) abattue en premier.

Sur la base d'un coût du creusement des galeries de 88 KDA/ml, on peut estimer les coûts qui comprend :

- Les salaires de l'équipe du chantier ;
- Les explosifs et accessoires ;
- La maintenance et les consommables (carburants, pneumatiques) ;
- Frais généraux.

Tableau III.4: les estimations pour les travaux préparatoire et infrastructure (galeries et recoupes)

Nature des travaux	Quantité		Prix unitaire (KDA)	Les Coûts		Montants (KDA)
	Corp 1 (MI)	Corp 2 (MI)		Corp 1 (KDA)	Corp 2 (KDA)	
Travaux des galeries	3452.6	3371.2	88	303828.8	296665.6	600494.4
Travaux des recoupes	5674.9	4308.6	88	499391.2	379156.8	878548
Totale						1479042.4

Le coût total des travaux préparatoires et infrastructures (foration et tir) pour les galeries et les recoupes sont : **1479042.4 KDA**

III.4.2. Travaux d'extraction :

Après la réalisation des galeries et recoupes à l'aide de marteaux perforateur type YT29A (Ø 38mm) on a constaté plusieurs inconvénients tel que :

- La difficulté de l'utilisation des marteaux posent des problèmes de localisation et de précision ;
- Une mauvaise inclinaison pendant la foration des trous ;
- Une faible vitesse de foration ;
- Un faible rendement et un long temps de travail.

Donc pour estimer les coûts d'exploitation au niveau de la mine Chaabet El-Hamra, le changement de la machine peut garantir un meilleur emplacement des trous sur le front ainsi qu'une stabilité lors de l'opération et une meilleure sécurité pour les employés.

La machine de foration à utiliser est Sandvik DD210 qui est une foreuse de développement électrohydraulique à un bras, dont ses caractéristiques ainsi son frais d'acquisition sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III.5 : caractéristiques techniques et frais d'acquisition de la machine de foration

Braquage	5100 mm Intérieur 3 400 mm, extérieur 5 100 mm
Puissance de moteur	53 Kw
Longueur de la glissière	5 270 m TF500, 12 pieds
Diamètre de foration	76 - 127 mm
Dimension de roulage	9 590 x 2 670 x 2 750 mm
Poids	9100 kg
Type de bras	B14F
Type de porteur	Sur roues, direction articulée
Système de commande	IBCQF
Type de moteur	Deutz L04D914, Diesel
Module d'avance	TF500, 12 pieds
Compresseur	1m ³ /min
Frais d'acquisition	70000 KDA

Alors on va baser notre estimation sur un nouveau plan dont les formules des calculs des nouveaux paramètres dépend du nouveau diamètre de trou.

1. Diamètre de trou de mine :

$$D_t = 76 \text{ mm} = 0.076 \text{ m}$$

2. Consommation spécifique d'explosif :

$$Q = 1.5 \text{ Kg/m}^3$$

3. Ligne de moindre résistance :

$$W_r = \sqrt{\frac{0.785 \times \Delta \times K_{tch}}{m_r \times Q}}, (m)$$

Où :

Δ : Densité des explosifs pendant le chargement (caractéristiques des explosifs)

$$\Delta = 1450 \text{ Kg/m}^3$$

$k_{t, ch}$: Coefficient de correction tenant compte du taux de chargement des trous (en explosifs) Suivant les règles de sécurité, ce coefficient doit varier dans les limites de 0,6 – 0,72

m_r : Coefficient de correction tenant compte du rapprochement des charges explosives

$$m_r = 1, \text{ car } (6 < f = 8 \leq 12)$$

$$W_r = 1.7 \text{ m}$$

4. Distance entre les trous dans une rangée de trous :

$$a = m_r \times W_r, (m)$$

$$a = 1.7 \text{ m}$$

5. Distance entre les rangées de trous :

$$b = m_r \times W_r, (m)$$

$$b = 1.7 \text{ m}$$

6. Nombre de trous dans une rangée :

$$N_{tr} = \frac{(A, B \text{ ou } C) - 2X}{a} + 1$$

A, B ou C : L'un des côtés de la tranche suivant lequel les trous sont orientés ;
X : Distance entre les trous extrêmes dans une rangée, et les limites de la tranche à abattre.

$$A = 4.17 \text{ m (Hauteur de tranchée, puissance de gisement)}$$

$$X = 0.271 \text{ m}$$

$$N_{tr} = 3 \text{ trous}$$

Le nombre de trous dans une rangée est de **3 trous**

7. Nombre de rangées de trous dans une tranche :

$$N_r = \frac{(A, B \text{ ou } C) - (W_r + Y)}{b} + 1$$

Y : Distance entre la dernière rangée de trou, et la limite de la tranche à abattre.

B : La largeur de la tranchée

$$Y = 0.672 \text{ m}$$

$$B = 6 \text{ m}$$

$$N_r = 3 \text{ rangées}$$

Le nombre de rangées de trous dans une tranche est de **3 rangées**

Tableau III.6 : les paramètres de plan de tir

Les paramètres	Les mesure
Surface de tranchée (m ²)	25
Diamètre de trou (mm)	76
Longueur de trou (m)	4.5
Ligne de moindre résistance (m)	1.7
L'espacement entre les trous (m)	1.7
L'espacement entre les rangées (m)	1.7
Nombre de trous dans une tranchée	9

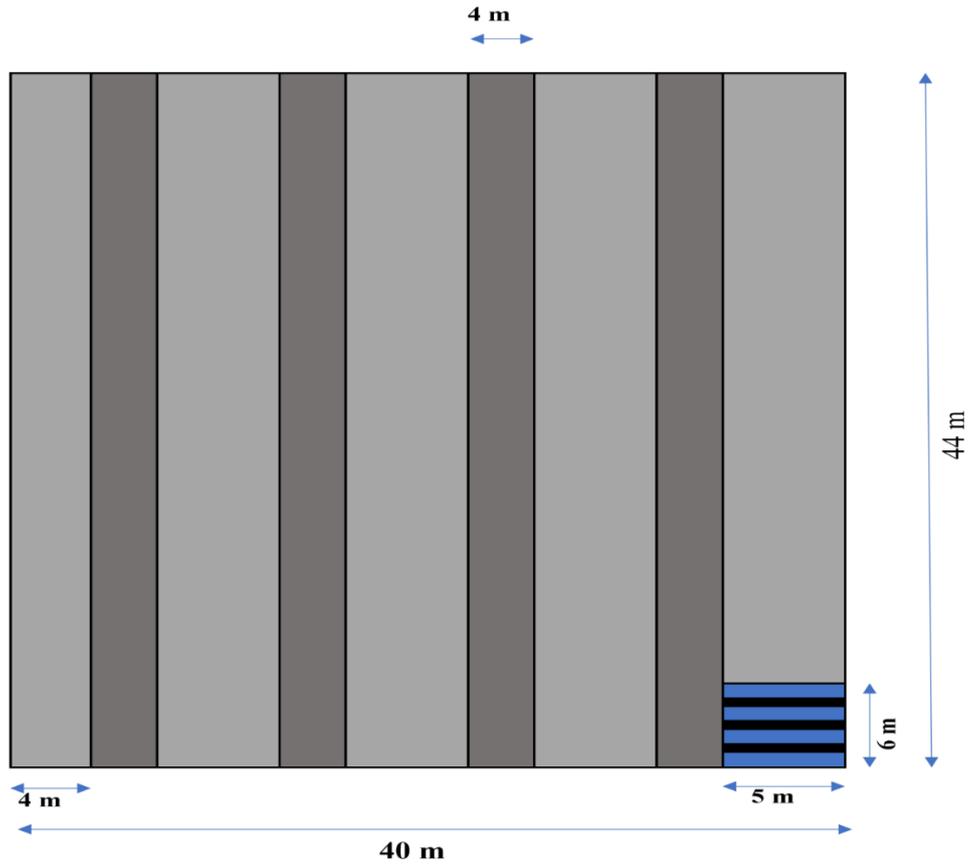


Figure III.2 : coupe horizontale qui représente le bloc et la tranchée d'abattage

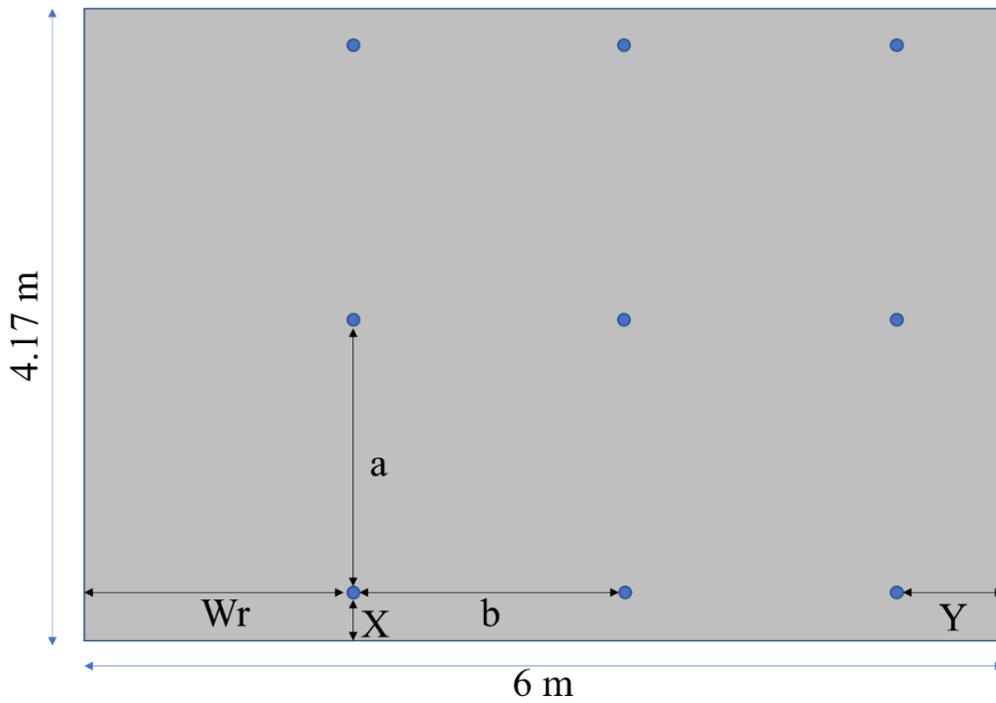


Figure III.3 : schéma qui représente le nouveau plan de tir d'exploitation

Evaluation des coûts d'entreprise

On opte pour les cartouches de Gélanit avec ces nouvelles caractéristiques mentionnées ci-dessus afin d'effectuer ce plan.

Tableau III.7 : les caractéristiques de l'explosif

Les paramètres	Les mesures
Diamètre (mm)	50
Longueur (cm)	37
Poids (kg)	1.25

En généralisant ce plan de tir sur la totalité de gisement on obtient les résultats présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.8 : Les consommations des accessoires de tir

Accessoires de tir	Quantité		Prix unitaire	Coûts (DA)		Coût total (DA)
	Corp 1	Corp 2		Corp 1	Corp 2	
Gilanit (Ø50mm)	139 654.6 (Kg)	106 030.7 (Kg)	250 DA/Kg	34913650	26507675	61421325
DMR	10 157	7712	368 DA/U	3737776	2838016	6575792
Fil de tir	338 700 m	257 100 m	14 DA/m	4741800	3599400	8341200
TOTAL						76338317

Le coût total des accessoires de tir estimé pour l'exploitation de la totalité de gisement est de **76338317 DA**

III.4.3. Travaux de chargement et de transport

On distingue deux types de chargement et transport :

- ✓ Chargement et transport souterrain.
- ✓ Chargement et transport au jour.

L'évacuation du Tout Venant du front de taille vers le lieu de chargement se fait par pelle transporteuse sur une distance de 50 m environ, il s'agit d'une chargeuse Sandivik du type LH 203 dont la capacité du godet est de 3.5 tonnes.

Le transport du minerai au jour se fait par camion navette ARAMINE T1600, dont la capacité de la benne est de 15 tonnes.

Le transport de tout-venant de la mine vers la station de traitement se fait par deux camions récupérés de la mine d'Al Abed, avec une capacité théorique de 20 tonnes chacun.

Les frais d'acquisition des engins sont cités dans le tableau suivant :

Tableau III.9 : Frais d'acquisition des engins de chargement et transport

Engins	Nombre d'unité	Frais d'acquisition unitaire (KDA/U)	Frais totale (KDA)
Camion navette	3	45 000	135 000
Pelle minière	2	28 000	56 000
Pelle chargeuse	2	25000	50 000
Fourgon transport d'explosifs	1	1 000	1 000
Camion à benne	2	10 000	20 000
TOTAL			262 000

Evaluation des coûts d'entreprise

Les frais d'acquisition des engins de chargement et transport sont de **262 000 KDA**.

Le coût total des accessoires de tir est de **76 338 317 DA**

Le frais d'acquisition de la machine de foration est de **70 000 KDA**

Donc, les coûts totaux des travaux d'extraction sont de **408 338 317 DA**

III.5. Identification des divers coûts fixes et variables d'exploitation :

III.5.1. Coûts fixes :

Pour les entreprises minières, c'est une dépense qui ne varie pas en fonction du niveau de la production.

Dans le cas de la mine Chaabet El-Hamra, les différents coûts sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III.10 : les différents coûts fixes de la mine (exploitation)

Investissement	Quantités	Prix Unitaire (KDA)	Total (KDA)
Compresseur d'air	1	8 000	8 000
Sondeuse	1	15 000	15 000
Pompe immergée	2	500	1 000
Micro bus	1	2 000	2 000
Camionnette	1	2 000	2 000
Installation réseau alimentation en eau	500 ML	3	1 500
Etude géotechnique	1	5 000	5 000
Etude environnementale	1	100	100
Matériel topographique	-	-	800
Mobilier et matériel de bureau	-	-	312.5
Redevance d'extraction			46 302 179
Remise en état des lieux			3 278 194.27
Taxe superficière			352
Taxe de pollution			2 934
Total			49 619 371.77

III.5.2. Coûts variables :

L'ensemble des coûts variables des consommations en matières auxiliaires estimé pour la durée de vie de la mine (11 ans) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.11 : les coûts variables d'exploitation estimé

Désignation	Coûts totaux (DA)
-------------	-------------------

Evaluation des coûts d'entreprise

Carburant et lubrifiant	51 823 354
Pieces de rechanges, pneus & accessoires	112 092 189
Outillages	1 098 174
Fer, fonte et acier	17 806 107
Bois de mine & matériel de construction	235 323
Matériels et fournitures électriques	4 549 578
Fournitures de bureaux	1 058 953.5
Electricité et eau	57 575 694
Divers	1 294 276.5
TOTAL	247 533 649

La somme des coûts variables d'exploitation estimé pour la durée de vie de mine est de : **247533649 DA**

III.5.3. Les frais du personnel d'exploitation :

La masse salariée du personnel d'exploitation estimé pour la durée de vie de mine est de : **450123483 DA**

III.6. Identification des coûts fixes et variables de traitement :

III.6.1. Les coûts fixes :

Dans le cas de traitement de minerai au niveau de complexe Kherzet Youcef, les différents coûts sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III.12 : Les coûts fixes de traitement estimé

Nature d'investissement	Quantité (unités)	Prix unitaire (KDA)	Montant totale (KDA)
Construction digue	1	22 000	22 000
Réhabilitation de la station de traitement	1	11 000	11 000
Etude environnementale	1	100	100
Micro bus	1	2 000	2 000
Installation réseau alimentation en eau	500 ML	3	1 500
Mobilier et matériel de bureau	-	-	312.5
REL			1 639 097.13
Taxe de pollution			5 867
Totale			1 681 876.63

III.6.2. Les coûts variables :

L'ensemble des coûts variables des consommations en matières auxiliaires estimé pour la durée de vie de la mine (11 ans) sont représentés dans le tableau suivant :

Evaluation des coûts d'entreprise

Tableau III.13 : les coûts variables de traitement estimé

Désignation	Coûts totaux (DA)
Réactifs chimiques	992 121 768
Carburant et lubrifiant	25 911 677
Pieces de rechanges, pneus & accessoires	224 184 378
Outils	1 098 174
Fer, fonte et acier	17 806 107
Matériels et fournitures électriques	4 549 578
Fournitures de bureaux	1 058 953.5
Electricité et eau	115 151 388
Divers	1 294 276.5
TOTAL	1 383 176 300

III.6.3. Les frais de personnels de traitement :

La masse salariée du personnel de traitement estimé pour la durée de vie de mine est de : **355 123 355 DA**

Tableau III.14 : résultat total des coûts d'entreprise

Nature des coûts		Montant (DA)	Montant total (DA)
Coûts d'exploitation	Travaux préparatoires et infrastructures	1 479 042 400	52 204 409 619
	Coûts fixes	49 951 371 770	
	Coûts variables	323 871 966	
	Personnels	450 123 483	
Coûts de traitement	Coûts fixes	1 681 876 630	3 420 176 285
	Coûts variables	1 383 176 300	
	Personnels	355 123 355	
TOTAL			55 624 585 904

III.7. Conclusion :

A la fin de ce chapitre on a recueilli les investissements concernant l'entreprise. L'identification des coûts et des différents frais d'acquisitions de projet a été établie sur la base d'un investissement de **53 159 756 200 DA**.

La présente étude porte sur une estimation des coûts de l'entreprise. Après l'évaluation des coûts d'extraction au niveau de la mine, des coûts de traitement au niveau de l'usine et des investissements fournis par l'entreprise, nous avons pu estimer le montant total des coûts de celle-ci, qui s'élève à **55 624 585 904 DA**, en se basant sur une durée de vie de la mine de 11 ans.

L'analyse des résultats de cette étude a révélé que le montant estimé risque d'être plus élevé du point de vue économique. Nous sommes parvenus à cette conclusion en identifiant deux facteurs influant sur notre étude. Tout d'abord, la détection de certaines anomalies dans la planification et la réalisation des travaux d'exploitation. Ensuite, la négligence de certains coûts secondaires en raison d'un manque de données économiques concernant l'entreprise.

Chapitre IV : Estimation de teneur de coupure (cut-off grade)

IV.1. Introduction :

En général, tous les coûts d'une entreprise minière sont considérés comme primordiaux. C'est pourquoi une teneur de coupure doit être établie afin de sélectionner du minerai qui génère suffisamment de revenus pour couvrir ces coûts. La valeur de la teneur de coupure fait référence au volume unitaire de sélection, tel que l'échantillonnage, la benne de pelle, la volée, le panneau, etc. Cependant, les valeurs de la teneur de coupure peuvent également varier selon les points de vue des auteurs. En général, on rencontre deux approches différentes, telles que l'approche de Taylor et l'approche de Lane.

La teneur de coupure possède une signification économique importante, car elle détermine deux orientations : soit exploiter un gisement, soit le laisser en place, soit traiter le minerai, soit le rejeter. Au cours de notre stage pratique à la mine de Chaabet El-Hamra, nous avons suivi les opérations et recueilli les données mensuelles de production ainsi que les dépenses associées.

IV.2. Détermination des variables liées au calcul de la teneur de coupure :

Les teneurs de coupure ne peuvent être choisies entièrement librement, elles doivent tenir compte de la capacité des installations et du marché.

Lane et Taylor reconnaissent 3 facteurs limitatifs importants. Pour chacun correspond une teneur de coupure limite.

- Limite de la mine (développement et minage)
- Limite du traitement du minerai (concentrateur)
- Limite du marché (fonderie, contrats de vente)

Dans le cas de notre étude, on a pris en considération que les variables liées au calcul de la teneur de coupure (C_1 , C_2), Soit les variables suivantes :

- **F**: coûts d'opportunité. Lane (1988) définit ce terme comme étant le revenu que rapporterait un montant égal à la valeur présente du gisement placé à un taux d'intérêt spécifié (Lane, 2015);
- **h**: frais variables de traitement d'une tonne de minerai (concassage, remontée, concentration) ;
- **p**: prix d'une tonne de métal ;
- **y**: taux de récupération du concentrateur ;
- **f**: frais fixes (administration, ingénierie, frais de capital) ;
- **H**: capacité de traitement (minerai sélectionné) ;
- **m**: frais variables de d'extraction d'une tonne de matériau minéralisé(développement, forage, tir, incluant stérile) ;
- **K**: capacité du marché (métal) ;
- **k**: coût de mise en marché d'une tonne de métal (fonderie, raffinage, transport, assurance, etc....) ;

Estimation de teneur de coupure (cut-off grade)

- **C**: teneur de coupure.

IV.2.1. Détermination de F :

- **F**: coûts d'opportunité. Lane (1988) définit ce terme comme étant le revenu que rapporterait un montant égal à la valeur présente du gisement placé à un taux d'intérêt spécifié ;

$$F = \text{Prix de vente} \times \text{Les réserves exploitable}$$

$$\text{Prix de vente} = 3\,000 \text{ \$/t} = 408\,870 \text{ DA/t}$$

$$F = 408\,870 \times 601\,327$$

$$F = 245\,864\,570\,490 \text{ DA}$$

IV.2.2. Détermination de h :

- **h**: frais de traitement d'une tonne de minerai inclus les coûts totaux de traitement (coûts fixes, variables et les coûts du personnel de traitement) :

$$h = \frac{\text{les frais de traitement}}{\text{la quantité de minerai extraite}}$$

A.N :

h estimé :

$$h = \frac{3\,420\,176\,285}{601\,327}$$

$$h = 5\,687.71 \text{ DA/t}$$

$$h \text{ (Déclaré par l'entreprise)} = 70\,000 \text{ DA/t}$$

IV.2.3. Détermination de p :

p : prix d'une tonne de métal

$$p = 3\,000 \text{ \$/t}$$

$$1\$ = 136.29 \text{ DA}$$

$$p = 408\,870 \text{ DA/t}$$

IV.2.4. Détermination de y :

y : taux de récupération du concentrateur

Le taux de récupération du concentrateur est de : **85%**.

IV.2.5. Détermination de f :

f: frais fixes d'entreprise :

$$f = \text{coûts fixes d'exploitation} + \text{coûts fixes de traitement}$$

A.N :

$$f = 49\,951\,371\,770 + 1\,681\,876\,630$$

$$f = 51\ 633\ 248\ 400\ DA$$

IV.2.6. Détermination de H :

H : capacité de traitement (minerai sélectionné) ;

Dans notre cas, H est déterminée comme réserves exploitable retenu par l'entreprise.

$$H = 601\ 327\ tonnes$$

IV.2.7. Détermination de m :

m : frais variables d'extraction d'une tonne de matériau minéralisé (développement, forage, tir, incluant stérile) ;

$$m = \frac{\text{les frais variables d'extraction}}{\text{capacité d'extraction}}$$

A.N :

$$m = \frac{323\ 871\ 966}{601\ 327}$$

$$m = 538.6\ DA$$

IV.3. Calcul de la teneur de coupure :

IV.3.1. Calcul de la teneur de coupure de la mine (C1) :

$$C_1 = \frac{h}{y(p - k)}$$

A.N :

C₁ estimé :

$$C_1 = \frac{5\ 687.71}{0.85(408\ 870 - 0)}$$

$$C_1 = 0.016\%$$

C₁ selon les frais de traitement déclaré par l'entreprise :

$$C_1 = \frac{70\ 000}{0.85(408\ 870 - 0)}$$

$$C_1 = 0.2\ \%$$

IV.3.2. Calcul de la teneur de coupure du concentrateur (C2) :

Approche de Lane :

$$C_2 = \frac{h + (f + F)/H}{y(p - k)}$$

Estimation de teneur de coupure (cut-off grade)

A.N :

C₂ estimé :

$$C_2 = \frac{5\,687.71 + (51\,633\,248\,400 + 245\,864\,570\,490)/601327}{0.85(408\,870 - 0)}$$

$$C_2 = 1.44 \%$$

C₂ selon les frais de traitement déclaré par l'entreprise :

$$C_2 = \frac{70\,000 + (51\,633\,248\,400 + 245\,864\,570\,490)/601327}{0.85(408\,870 - 0)}$$

$$C_2 = 1.62 \%$$

Approche de Taylor :

Le coût d'opportunité "F" est souvent difficile à déterminer. Il dépend du type de gisement, du mode d'exploitation et de la teneur de coupure utilisée. Taylor, de manière implicite, suppose que F est égal à zéro, c'est-à-dire qu'il ne prend pas en compte de coût d'opportunité supplémentaire au-delà de la teneur de coupure.

A.N :

C₂ estimé :

$$C_2 = \frac{5\,687.71 + (51\,633\,248\,400 + 0)/601327}{0.85(408\,870 - 0)}$$

$$C_2 = 0.26 \%$$

C₂ selon les frais de traitement déclaré par l'entreprise :

$$C_2 = \frac{70\,000 + (51\,633\,248\,400 + 0)/601327}{0.85(408\,870 - 0)}$$

$$C_2 = 0.45 \%$$

IV.3.3. Calcul de la teneur de coupure du marché (C3)

$$C_3 = \frac{h}{\left[(p - k) - \frac{f + F}{K} \right] y}$$

Voir que l'entreprise ne produit que le concentré de zinc (53%), ce qui signifie que le coût de l'opération de purification du concentré est considéré comme nul. Par conséquent, il n'y a pas de teneur de coupure sur le marché.

IV.4. Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus pour l'estimation de la teneur de coupure dans la mine de Chaabet El-Hamra, révèlent des valeurs significatives qui ont une incidence directe sur l'exploitation minière et la rentabilité de l'entreprise.

Pour la teneur de coupure de la mine C1, la valeur obtenue est de 0.016%. Cela signifie que pour que l'exploitation minière soit économiquement viable, le minerai extrait doit présenter une teneur en minéraux supérieure à ce seuil. En dessous de cette teneur, le coût de l'extraction et du traitement du minerai deviendrait prohibitif par rapport à la valeur des minéraux récupérés. Il est important de noter que cette teneur de coupure est relativement faible, ce qui peut indiquer une certaine accessibilité du minerai à exploiter.

En ce qui concerne la teneur de coupure du concentrateur C2, deux estimations ont été fournies, selon les approches de Lane et de Taylor. Selon l'approche de Lane, la teneur de coupure est évaluée à 1.44%, tandis que selon l'approche de Taylor, elle est de 0.26%. Cette disparité entre les deux estimations peut s'expliquer par les différents critères utilisés par les deux approches. D'où pour Lane le coût d'opportunité est inclus dans les calculs, alors que pour Taylor le coût d'opportunité n'est pas inclus.

La teneur de coupure obtenue pour le concentrateur C2 indique le seuil minimal de teneur en minéraux à atteindre pour que le traitement du minerai soit rentable. Une teneur de coupure élevée, comme celle estimée par l'approche de Lane (1.44%), suggère que seuls les minéraux de haute teneur seront traités, ce qui peut entraîner une sélection sévère du minerai et laisser des résidus de faible teneur. En revanche, une teneur de coupure plus basse, comme celle estimée par l'approche de Taylor (0.26%), peut permettre le traitement d'un plus large éventail de minéraux, mais peut également entraîner des coûts supplémentaires liés à l'extraction et au traitement de minerai de plus faible teneur.

Il convient de noter que ces résultats d'estimation de la teneur de coupure sont basés sur des données estimées aussi. Il est donc important de considérer ces résultats comme une estimation initiale qui devra être validée et ajustée au fur et à mesure de l'exploitation minière réelle. Des études supplémentaires et une analyse continue seront nécessaires pour affiner et améliorer l'estimation de la teneur de coupure dans la mine de Chaabet El-Hamra.

Le diagramme présenté dans la Figure IV.1 met en évidence la diminution de la teneur de coupure du concentrateur au fur et à mesure de l'avancement des travaux d'exploitation, ce qui démontre l'impact du coût d'opportunité sur l'estimation de cette teneur. Ainsi, l'importance de ce coût dépend largement de la valeur estimée des ressources et du taux d'intérêt sélectionné.

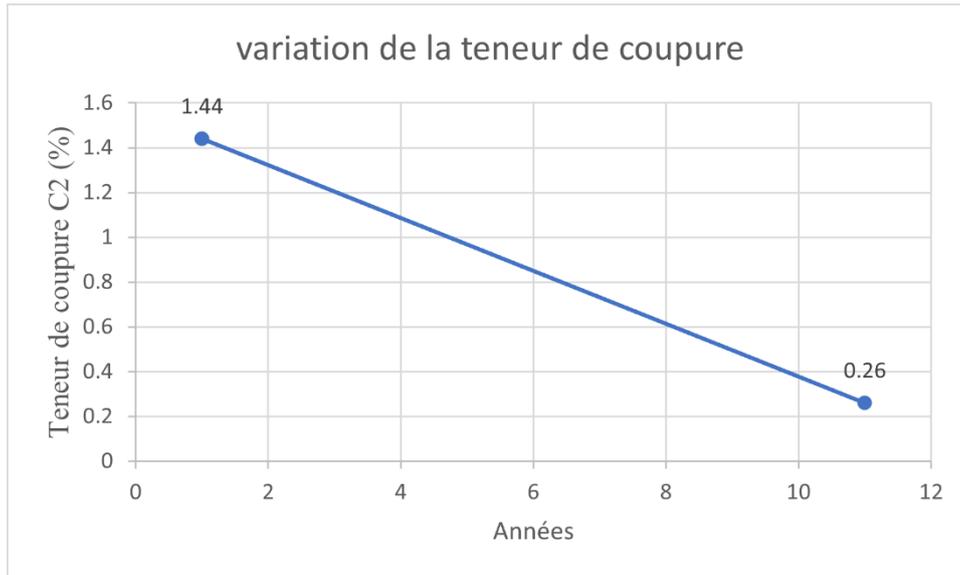


Figure IV.1 : Variation estimée de la teneur de coupure de concentré

IV.5. Conclusion

L'estimation de la teneur de coupure est un élément essentiel dans l'industrie minière pour déterminer la viabilité économique d'une mine. Dans ce chapitre, nous avons examiné les résultats obtenus pour la teneur de coupure de la mine C_1 et du concentrateur C_2 , en se référant aux approches de Lane et de Taylor.

La teneur de coupure de la mine obtenue est de 0.016%.

Pour la teneur de coupure du concentrateur C_2 , deux approches différentes ont été utilisées, celle de Lane et celle de Taylor. Selon celle de Lane, la teneur de coupure est évaluée à 1.44%, tandis que selon l'approche de Taylor, elle est estimée à 0.26%.

Les résultats obtenus pour la mine C_1 et le concentrateur C_2 fournissent des informations précieuses pour la prise de décision dans l'industrie minière. Il est recommandé de continuer à valider ces estimations à mesure que de nouvelles données et de meilleures techniques d'estimation deviennent disponibles. Cela permettra d'améliorer la précision des prévisions économiques et de garantir une exploitation minière efficace et durable.

Conclusion générale

Au terme de ce mémoire, nous avons intégré la planification stratégique dans l'entreprise pour mener une exploitation rationnelle qui maximise les bénéfices tout en minimisant les coûts. L'estimation de la teneur de coupure joue un rôle essentiel dans cette planification, permettant de contrôler l'exploitation et le traitement du minerai jusqu'à sa mise sur le marché.

Une partie cruciale de la planification stratégique consiste à prendre en compte la fluctuation des teneurs de coupure au fil du temps. Plutôt que de fixer une teneur de coupure statique.

Ce projet de fin d'études, accompagné d'un stage pratique sur le terrain à la mine de zinc de Chaabat El Hamra (W. Sétif), nous a permis d'aborder l'estimation de la teneur de coupure. Nous pouvons citer comme principaux résultats obtenus :

- Le gisement présente une structure complexe.
- Les travaux réalisés ont montré l'intérêt économique des potentialités des zones Sphalérite.
- Le taux de récupération est de 85% métaux et une teneur de 53% Zn.

Cependant, des problèmes tels que les pannes répétitives et fréquentes de l'usine de traitement, comme dans le cas de la mine de Chaabat El Hamra, peuvent entraver la mise en œuvre de la planification stratégique. Ces pannes peuvent entraîner des interruptions de production, réduire l'efficacité opérationnelle et augmenter les coûts.

Au cours de ce mémoire, nous avons remarqué un coût très élevé pour le traitement d'une tonne de minerai, selon les déclarations de l'entreprise $h = 70\,000$ DA/t, alors que la valeur estimée est de $h = 5\,687.71$ DA/t. Mais après une analyse et estimation des consommables au niveau de l'usine, nous avons constaté que le problème des arrêts répétitifs a causé la mine beaucoup de perte en plus des perturbations dans tout le processus de production.

Après avoir calculé la teneur de coupure de la mine ($C1 = 0.016\%$) et celui du traitement (Selon Lane : $C2 = 1.44\%$, Selon Taylor : $C2 = 0.26\%$), le résultat obtenu semble raisonnable, vu que le prix du métal au marché a évolué durant les dernières années.

Afin de permettre à l'entreprise de reprendre l'exploitation de la mine d'une façon régulière, en garantissant un profit maximum, nous recommandons :

La maintenance préventive régulière de l'usine et des équipements de production.

Des investissements dans de nouvelles technologies et équipements plus performants pour permettre l'application de nouvelles méthodes plus productives ou améliorer le rendement avec les méthodes appliquées actuellement.

Entamer des procédures opérationnelles bien définies, peut contribuer à réduire les pannes et à assurer le bon fonctionnement de l'usine de traitement.

Ajuster les valeurs de la teneur de coupure en fonction de la capacité de l'usine de traitement et de la quantité de minerai disponible.

Conclusion générale

L'entreprise ENOF doit optimiser la performance de l'usine pour minimiser les perturbations dans le processus de production, maintenir une exploitation continue et atteindre une rentabilité maximale.

Cette adaptation permet de maintenir un équilibre entre la quantité de minerai exploitée et la capacité de traitement, garantissant ainsi une rentabilité optimale..

Bibliographie

Ait Kaid Yassine Etude économique de l'Exploitation de la partie inférieure du gisement de Zn de Chaâbet El-Hamra et sensibilité des paramètres production, teneur, tout venant, cours métal et investissement [Rapport]. - Alger : Ecole Nationale Polytechnique, : Mémoire de Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention Du Diplôme d'Ingénieur d'Etat : Génie Minier., 2009.

BOKY B. Exploitation des mines [Rapport]. - 1968.

Bullock William A. Hustrulid and Richard L. UNDERGROUND Mining Methods Engineering Fundamentals and International Case Studies [Rapport]. - 2001.

E.N.O.F Fiche technique des produits chimiques [Rapport]. - [s.l.] : Délivré par l'entreprise durant la période de stage, 2023.

ENOF Documentation interne de la mine Chaabet El-Hamra et informations aquises durant la période du stage. - 2023.

ENOF ENOF [En ligne]. - 2023. - Avril 2023. - <http://www.enof.dz>.

ENOF Plan d'exploitation de la mine de Chaâbet El-Hamra pour l'année 2022. [Rapport]. - 2021.

ENOF PLAN DIRECTEUR DE DEVELOPPEMENT MINE DE ZINC DE CHAABET EL HAMRA [Rapport]. - COMPLEXE MINIER DE KHERZET YOUCEF – (W)SETIF : [s.n.], 2016.

ENOF Rapport Géologique du Gisement de Zincifère de CHAABET EL HAMRA [Rapport]. - Ain Azel (w)Sétif : [s.n.], 2022.

KADRI Bourhene-eddine Etude des paramètres de productivité d'une exploitation souterraine.Cas de la mine Chaabat El Hamra (W. Sétif) [Rapport]. - Ecole Nationale Polytechnique, Alger : Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier, 2022.

KHENNICHE Mouloud Projet d'exploitaton de la partie inférieure du gisement de zinc de Chaabat El-Hamra [Rapport]. - Ecole national supérieure polytechnique, Alger : Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier, 2009.

Lane Kenneth F. THE ECONOMIC DEFINITION OF ORE [Livre]. - 2015.

ORGM Rapport final des travaux d'évaluation du gisement Chaabet El-Hamra Tome 1 [Livre]. - 1992.

ORGM Rapport final des travaux d'évaluation du gisement Chaabet El-Hamra Tome 2 [Livre]. - 1992.

RENTALS UNITED MINING UNITED MINING RENTALS [En ligne]. - 2023. - 2023. - <http://www.unitedminingrentals.com/pdf/trucks/LH203.pdf>.

SIDAM Rapport finale des travaux d'évaluation du gisement de Chaabet El-Hamra [Livre]. - 1995.

TAABABOUCHET Abdallah Conception d'une méthode d'exploitation avec remblayage hydraulique de la partie inférieure du gisement de zinc de Chaabet-El-Hamra (Ain-Azel- Sétif) [Rapport]. - 2011.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe № 01 : Coupe longitudinale du gisement Chaabet El-Hamra

ANNEXES

ANNEXE N° 02 : Réserves retenues pour le projet d'exploitation au 31/12/2022

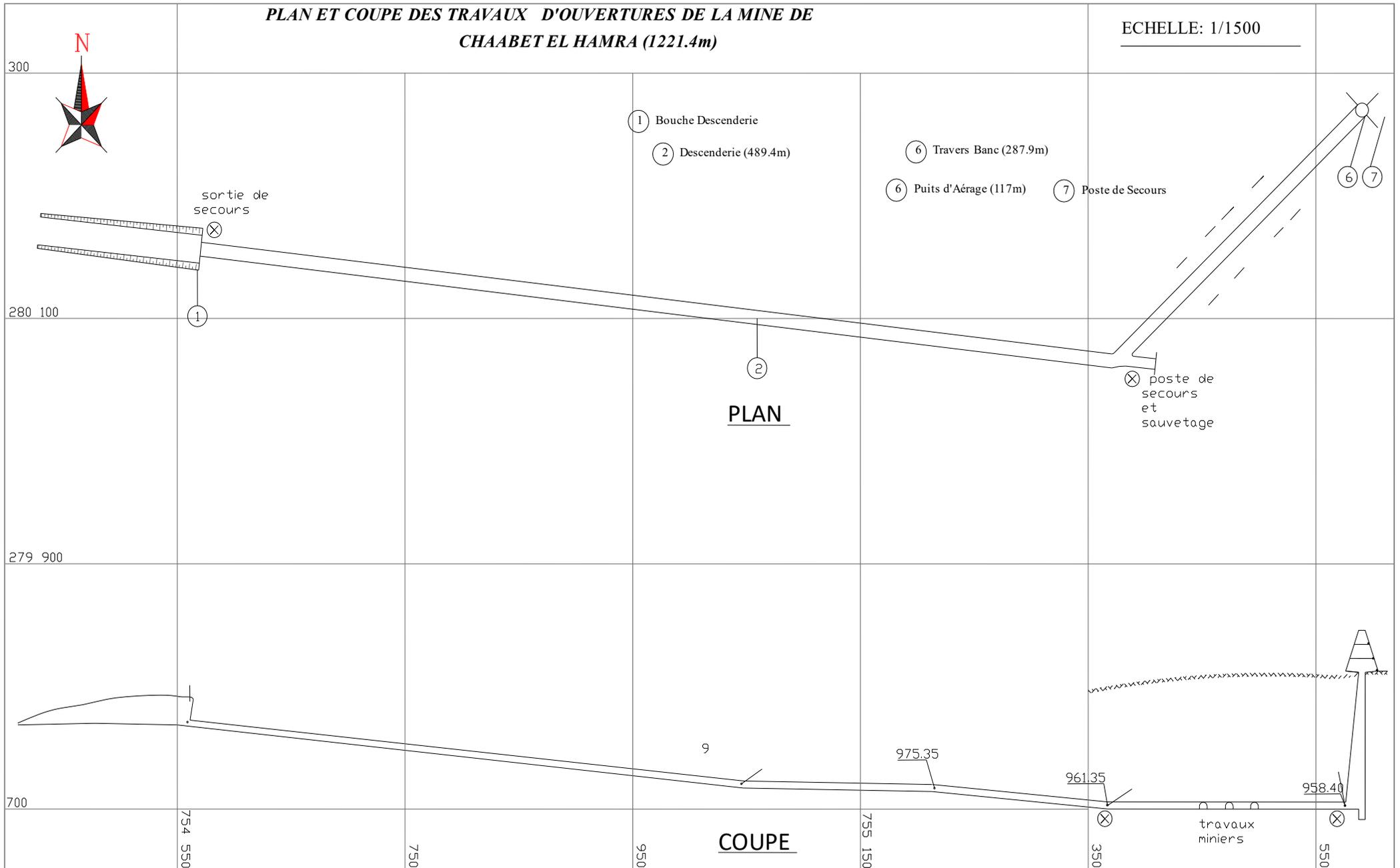
Profil	Sondage	N° des Blocs	Réserves Géologique au 31/12/2022	Réserves Exploitable au 31/12/2022
Profil 10	S297,S298,S299	B3/7	5 230	5 125
Profil 11	S302	B 3/12	20 533	20 111
	S245	B3/10	7 888	7 730
	S300	B3/5	11 053	10 832
Profil 12	S306	B2-3/6	5 417	5 260
	S310	B3-4-5-6/6	76 491	74 961
Profil 13	S314	B4-5-6/7	102 872	100 721
	S315	B4-5/8	2 900	2 657
	S242	B3-4/9	4 196	3 822
	S312	B 4-5/9	27 323	26 777
Profil 14	S334	B3/6	28 360	27 793
	S340	B3-4-5-6/10	128 932	126 243
	S337	B3-4-5/11	89 243	87 198
	S335	B2-3/7	26 728	26 034
Profil 15	S348	B4/2	22 719	22 265
	S342	B1-2/8	40 432	39 623
	S329	B1/5	14 464	14 175
TOTAL (Tonne)			614 782	601 327
TENEUR %			7,68	5,07

ANNEXES

Annexe N° 03 : Plan et coupe des travaux d'ouvertures de la mine CEH

PLAN ET COUPE DES TRAVAUX D'OUVERTURES DE LA MINE DE CHAABET EL HAMRA (1221.4m)

ECHELLE: 1/1500



Résumé

Le gisement Zinc de Chaabet El-Hamra fait partie de la zone métallo-génique du HODNA est exploité en souterraine par l'Entreprise Nationale des produits miniers non ferreux et des substances utiles.

Dans ce travail, nous avons estimé la teneur de coupure qui est un paramètre essentiel pour prendre une décision d'entamer l'exploitation de ce gisement ou le laissé en place.

En estimant cette teneur de coupure d'après notre étude, et selon Taylor et Lane, il s'est avéré que le gisement de Chaabet El-Hamra est exploitabl, malgré la baisse des valeurs obtenues.

Mots clés : Teneur de coupure, ENOF, Chaabet El-Hamra,

Abstract

The Chaabet El-Hamra Zinc deposit is part of the metallogenic zone of HODNA and is being extracted underground by ENOF. In this study, we estimated the cut-off grade, which is an essential parameter for making a decision to commence the exploitation of this deposit or leave it in place. Based on our study and following Taylor and Lane's approach, it has been determined that the Chaabet El-Hamra deposit is economically viable, despite the decrease in the obtained values.

Keywords: Cut-off grade, ENOF, Chaabet El-Hamra.

ملخص

يعتبر تجمع الزنك في شعبة الحمراء جزءاً من المنطقة المعدنية لـ هودنا ويتم استخراجها تحت الأرض بواسطة الشركة الوطنية للمناجم (ENOF). في هذه الدراسة، قمنا بتقدير درجة القطع المطلوبة وهي معلم أساسي لاتخاذ قرار ببدء استغلال هذا التجمع أو تركه في مكانه. بناءً على دراستنا وباستخدام نهج تايلور ولين، تبين أن تجمع شعبة الحمراء قابل للاستغلال اقتصادياً على الرغم من انخفاض القيم المحصلة.

كلمات مفتاحية: درجة القطع، ENOF، شعبة الحمراء.