

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Ecole Nationale Polytechnique

Département Génie Minier

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention
Du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Minier

*Aménagement et exploitation de gisements des
minerais utiles - Chaabat EL-Hamra*

Présenté par :

Devant le jury :

Mr. BABAHOUM Nabil

Dr. AKKAL Arazki

: Président

Dr. BACHAR ASSED Mohamed Aguid : Promoteur

Mr. GACEM Rachid

: Examineur

Promotion Juin 2014



Dédicaces

Je dédie ce travail :

- ★ *A mes parents, pour leurs sacrifices, soutien et encouragements.*

- ★ *A Tous mes amis de l'école nationale polytechnique.*

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Dr Mohamed Aguid BACHAR ASSED pour son encadrement bénéfique et ses conseils judicieux, qui m'ont été d'une grande utilité, qu'il trouve ici, l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mes remerciements s'adressent aussi à :

- ★ *Tous les enseignants du département Génie Minier de l'ENP surtout Monsieur le chef du département Malek OULD HAMOU .*
- ★ *Mrs les membres de jury, qui ont très aimablement accepté d'examiner mon travail.*

الملخص:

الهدف من هذا المشروع هو دراسة مختلف مراحل تهيئة منجم الزنك المتواجد في شعبة الحمراء في منطقة عين أزال ولاية سطيف كضبط الدعامه، التهوية والانارة، و ضخ الماء الى الخارج ، وانشاء المجاري الخاصة بالماء وكذلك وضع تصميم وطرق مختلفة لاستغلال معدن هذا المنجم مع ضمان مردودية عالية و عامل امني كبير .

الكلمات المفتاحية : معدن الزنك، تهيئة ، شعبة الحمراء، الدعامه ، تهوية، المجاري ، ضخ، استغلال مردودية ، عامل امني.

Résumé :

L'objectif de ce travail consiste à étudier les différences étapes de l'aménagement et d'exploitation du gisement du minerais utiles du Chaabet-El-Hamra. situé dans la région d'Ain-Azel , telle que le soutènement, l'aéragé, et l'éclairage ,l'exhaure, et aussi que de choisir la meilleure technologie d'exploitation des réserves de ce gisement.

Mots clés : Minerai zinc, Chaabet-El-Hamra, Soutènement, Aéragé, Pompage. Exploitation,

Abstract:

The present survey constitutes a modest contribution to the pursuit of the works of exploitation and extraction of the zinc ore in the bottom part of the layer of Chaabet-El-Hamra, situated in the region of Ain-Azel .

In this present survey, one is going to try to use the best techniques of exploitation and to follow a good strategy in the realization of works to do a sure and profitable exploitation.

Key words: ore, Chaabet-El-Hamra, Exploitation, Support , Content, Slaughtering, Airing , Pumping .

Abréviations

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

ORGM : Office des recherches géologiques et minières.

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

SONAREM : Société nationale des recherches et d'exploitation minière.

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques.

GMU : gisements des minerais utiles

SOMMAIRE:

<i>Introduction générale</i>	<i>1</i>
<i>Chapitre I</i>	<i>4</i>
I.1. Généralités :	5
I.1.1. Localisation géographique du gisement de Chaabet El-Hamra et conditions climatiques :	5
I.1.2. Historique de la mine de Chaabet El-Hamra :	5
I.2. Conditions géologiques du gisement de Chaabet El-Hamra :	6
I.2.1. Contexte géologique régional :	6
I.2.2. Stratigraphie des monts du Hodna :	7
I.2.3. Stratigraphie du gisement :	9
I.2.4. Structure du gisement :	11
I.2.5. Tectonique :	11
I.2.6. La minéralisation :	13
o Caractéristiques du minerai :	13
o Caractéristiques des roches encaissantes :	13
o Distribution des teneurs, des épaisseurs :	13
o Distribution des teneurs :	14
o Distribution des épaisseurs :	14
I.2.7. Hydrogéologie :	14
I.2.8. Réserves géologiques :	23
a. Évaluation de l'O.R.G.M 1992 :	23
b. Évaluation de SIDAM 1994 :	23
C. Réserves retenues :	24
<i>Chapitre II</i>	<i>25</i>
II.1. Généralités :	26
a. Introduction :	26
b. Approche théorique de la géométrisation GMU :	28
c. Méthodes générales de géométrisation des GMU :	30

II.2.Partie pratique :	32
a. plan iso- teneur	32
b. plan iso- puissance :	33
c. plan iso- profondeur :	33
d. Interprétation des résultats :	37
 Chapitre III.....	39
 III.1.Introduction.....	40
III.2.Les différentes étapes d'aménagement la mine du Chaabet El Hamra :	40
III.2.1. Rappel sur Les travaux hydrogéologiques :	40
III.2.2.L'exhaure :	43
a. La réalisation des serrements :	43
b. La réalisation des albraques :	44
c. L'installation des Salle de pompes :	45
d. La Réalisation des rigoles :	45
III.2.3.Récupération du soutènement :	47
a. Le rôle de support :	47
b. Rôle de confinement :	47
c. Rôle d'armature :	48
III.2.3.1.Soutènement par boulons:	48
III.2.3.2.Le Soutènement par cintres métalliques:	51
III.2.4.Amélioration Le système d'aéragé :	53
III.2.4.1.Généralités :	53
a. Aéragé naturel	53
b. Aéragé artificiel :	54
d. Quantité d'air nécessaire :	54
III.2.4.2.Pratiquement :	55
a. Aéragé principal :	55
b. Aéragé secondaire :	56
III.2.5.L'éclairage :	60
Eclairage fixe	61
Eclairage avec lampes portatives.	62

<i>Chapitre IV</i>	63
Introduction :.....	64
IV.1.Rappel sur le mode d'ouverture de la partie supérieure du gisement Chaabet el-hamra :.....	65
IV .1.1.Tranchées d'accès et descenderie :.....	65
IV .1.2.Travaux d'infrastructures :.....	70
IV .1.2.1.Mode de creusement des travaux d'infrastructure :.....	75
a. Technologie des travaux de tir :.....	75
b. Chargement et transport :	77
III .1.2.2.Organisation des travaux de foration et de tir :.....	77
IV .1.3. Travaux préparatoires :.....	79
IV .2.Travaux d'exploitation :.....	80
IV .2.1.Classification et description de quelques méthodes de d'exploitation souterraine :.....	80
IV .2.2.Les méthodes pratiquées au niveau de Chaabet El-Hamra :.....	81
a. La methode de traçage et depilage :	81
b.la méthode des sous-niveaux foudroyés :.....	83
IV .3.Travaux d'abattage :.....	85
IV .4.Chargement et transport :	88
a. Paramètres de chargement (Pelle CTX4) :	88
b. Transport :	89
1. Transport au fond :.....	89
2. Transport à jour :	90
<i>Conclusion générale</i>	91
<i>Biliographie</i>	94

Liste des figures :

Figure I.1. Situation géographique de la mine de Chaabet El-Hamra	6
Figure I.2. Carte géologique des environs de la mine de Chaabet El-Hamra	8
Figure I.3. Log stratigraphique du gisement de Chaabat El Hamra	15
Figure I.4. Coupe géologique longitudinale de la partie inférieure du gisement Chaabet El-Hamra (profil X-XV)	16
Figure I.5. La minéralisation du gisement (faisceau supérieur et inférieur)	17
Figure I.6. Coupe hydrogéologique Profil 0 – Profil 15	18
Figure I.7. Distribution du teneurs en Zn dans le corps de minerai n :01 du gisement de Chaabet El-Hamra.	19
Figure I.8. Distribution des teneurs en Zn dans le corps de minerai n:02 du gisement de Chaabet El-Hamra.	20
Figure I.9. Distribution des épaisseurs dans corps de minerai n :01 du gisement de Chaabet El-Hamra.	21
Figure I.10. Distribution des épaisseurs dans corps de minerai n :02 du gisement de Chaabet El-Hamra.	22
Figure II.1. Le complexe du champ géochimique.....	27
Figure II.2. Surface topographique.....	29
Figure II.3. Les plans qualitatifs : isohypses, iso-pashyte (iso puissance), isobathe, iso- teneur.....	30
Figure II .4: Méthode des coupes verticales.....	31
Figure II.5 .présentation d'un sondage.....	32
Figure II.6 Plan iso teneur.	34
Figure II.7 Plan iso-puissance.	35
Figure II.8 Plan iso-profondeur.	36
Figure III.1. Situation du niveau d'eau « fin décembre 2005 »	41
Figure III.2. Situation des forages et piézomètres.	41
Figure III .3. Schéma d'un serrement.	44
Figure III .4. Schéma présente des albraques.	45
Figure III.5. Schéma présente une rigole.....	46

Figure III.6. Rôle de support du soutènement.	47
Figure III .7. Rôle d'armature du soutènement.	48
Figure III.8. Les boulons d'encrage ponctuelle et répartis	50
Figure III.9. Soutènement par boulons.	50
Figure III.10. Soutènement par cintres métalliques	52
Figure III.11. Soutènement par cintres métalliques.	52
Figure III.12. Ventilateur aspirant de Chaabet El Hamra	55
Figure III.13. Aérage principale de la mine	56
Figure III.14. Schéma d'aérage secondaire de la mine.	57
Figure IV.1. La descenderie.	66
Figure IV .2. Travers-banc	67
Figure IV .3. Puits d'aérage et de secours	67
Figure IV .4: plan et coupe des travaux d'ouvertures de la mine de Chaabet El- Hamra.....	69
Figure IV.5. Les travaux d'infrastructure et travaux préparatoires	71
Figure IV .6. plan de la partie inférieure.....	74
Figure IV .7. Schéma du plan de tir dans les roches dures en souterraines	76
Figure IV.8. vue de dessous et Vue de profil	76
Figure IV .9 .Chargeur Type CTX4 de capacité de godet de 4 tonnes.....	77
Figure IV.10. La méthode de traçage et défilage	83
Figure IV.11. La méthode des sous – niveaux foudroyés	84

Listes des tables :

Tableau I.1. Précipitation à la région d'Ain Azel.....	5
Tableau I.2. Résultats d'évaluation de l'ORGM.	23
Tableau I.3. Résultats d'évaluation de SIDAM.	24
Tableau I.4. Réserves retenues.....	24
Tableau III.1. Caractéristiques des forages et piézomètres.....	42
Tableau III.2. Fonctionnement du pompage depuis 2011/2013.	42
Tableau III.1. Caractéristiques des travaux d'infrastructures	72
Tableau IV .2. Répartition des travaux préparatoires par profils et par bloc.....	79
Tableau IV .3.Travaux infrastructures et préparatoires /ouvrages.....	86
Tableau IV .4. Chronogramme détaillé des travaux.....	87

Introduction

Générale

L'industrie minière joue un rôle important dans l'économie nationale. Le développement de l'industrie lourde ainsi que de l'industrie légère dépend du niveau de la production de minerais ferreux, non ferreux et d'autres substances utiles.

L'Algérie dispose notamment d'importantes ressources en phosphates en minerai de fer d'houille de plomb, de zinc, de mercure et d'uranium. Il a maintenant 40 ans que le développe : le minerai de fer, les minerais polymétalliques, les diverses substances minérales non métalliques..

La production du zinc par exemple s'effectue par l'ENOF (Entreprise Nationale des Non Ferreux et des substances utiles) à partir de plusieurs gisements telle que :

La mine de Chaabet-El-Hamra, la mine de Kharzet Youcef et la mine d'El- Abed.

La tragique catastrophe qui a touchée dans un passé proche la mine de Kherzet Youssef, est un accident dû à une infiltration des eaux et à l'effondrement des galeries. Les conséquences dramatiques sur les ouvriers est un exemple, qui doit nous inciter à accorder une priorité aux problèmes liés à la sécurité lors des études de faisabilité des exploitations minières et durant toute la période de l'exploitation, quand à la mine d'Albed tend vers sur épuisement tant en luigant un situation sécurité et environnementales catastrophique.

Dans ce travail on va d'abords avoir dans le premier chapitre un aperçu sur les conditions géologiques et techniques de GMU de Chaabet-El-Hamra et de ses caractéristiques.

- ✓ Dans le deuxième chapitre nous allons essayer de choisir et d'étudier le meilleur système d'aménagement à savoir : l'aérage, l'exhaure, le soutènement et l'éclairage ..

- ✓ Puis dans le troisième chapitre, nous allons étudier la technologie d'exploitation on y étudiera aussi les différents travaux (abattage, extraction,..) et les moyens de transport et de chargement.

- ✓ Le quatrième chapitre consiste à faire une appréciation sur les réserves de GMU de Chaabet-El-Hamra

Et enfin on terminera par une conclusion qui résumera le travail réalisé.

Chapitre I :

Généralité sur le gisement

I.1. Généralités :

I.1.1. Localisation géographique du gisement de Chaabet El-Hamra et conditions climatiques :

Le gisement de Chaabet El-Hamra est situé à vol d'oiseau, à environ 250 km au Sud-Est d'Alger et à 50 km au Sud de Sétif, dans la région de Chouf-Bouarket à 4,5 km d'Ain-Azel et à 12 km au Sud-Est du complexe minier de Kherzet Youssef (Tableau.I.1).

Ses coordonnées géographiques approximatives sont : 35°45'N et 5°30'E. L'altitude du site varie de 950 à 1200 mètres.

Le climat de la région est semi-aride, froid en hiver et chaud en été.

Le total des précipitation enregistrées au niveau de la station pluviométrique d'Ain Azel durant 2009-2010 est de l'ordre de 298 mm montre la faiblesse des précipitation dans cette région.

Tableau I.1. Précipitation à la région d' Ain Azel

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Tot
P _{moy} (mm)	33	29	26	26	36	18	28	30	43	19	3	13	298

I.1.2. Historique de la mine de Chaabet El-Hamra :

Le gisement de Chaabet El-Hamra est connu depuis longtemps, il a fait l'objet d'exploitation des affleurements de calamines de 1910 à 1920 et de 1936 à 1941. Beaucoup plus tard, les travaux d'exploration par forages ont été entrepris afin d'établir l'extension des zones connues.

Après la nationalisation des mines en 1966, le gisement de Chaabet El-Hamra a été l'objet de premiers travaux de prospection géologique, de 1967 à 1988, suivis ensuite de travaux d'évaluation par sondages à maille régulière de 50x100 et de 100x100m, de 1989 à 1991.

En 1991 et suite au coup d'eau survenu le 02 juin 1990 à la mine de Kherzet Youssef et qui a mis fin à l'exploitation du gisement, l'ENOF a élaboré un premier dossier de recherche détaillée par ouvrages miniers sur le gisement de Chaabet El-Hamra.

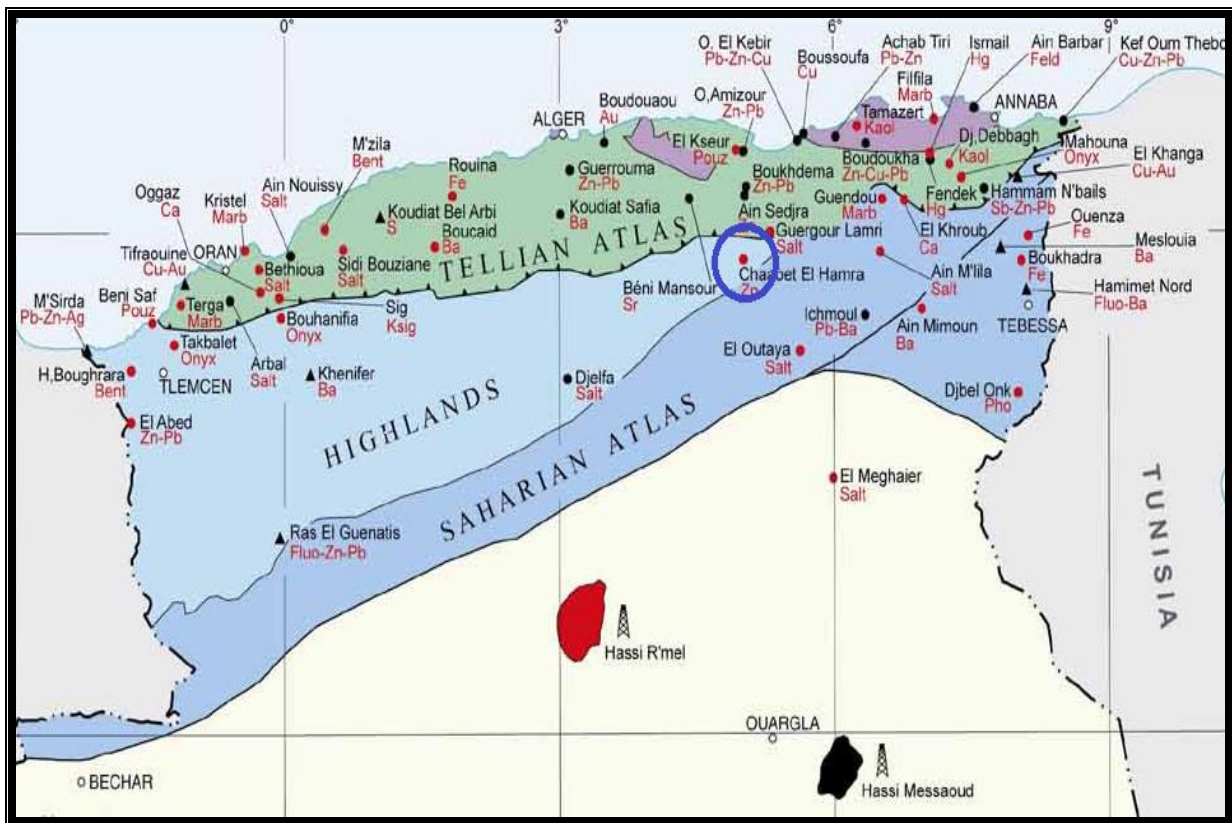
Les travaux miniers ont démarré en janvier 1992 et les ouvrages d'accès ont été achevés en avril 1994.

La mine de Chaabet El-Hamra a démarré l'extraction du tout-venant en avril 1994 tout en continuant à réaliser des travaux de recherche au fond pour préciser les réserves géologiques et les conditions hydrogéologiques. Les résultats financiers de la mine ont été toujours déficitaires, ce qui a poussé l'ENOF à engager périodiquement des analyses et évaluations technico-économiques.

I.2. Conditions géologiques du gisement de Chaabet El-Hamra :

I.2.1. Contexte géologique régional :

Le gisement de Chaabet El-Hamra, fait partie du « district métallogénique » à Pb-Zn des monts du Hodna qui renferme d'importantes minéralisations en Pb-Zn localisées dans la région de Ain Azel. Le gisement de Chaabet El-Hamra appartient aux blocs de Ain Mlila, qui comprend trois structures de soulèvement en forme de Horst-Anticlinaux. Le gisement est associé au Horst de Rahbat.



 : Mine de Chaabet El-Hamra

Figure I.1. Situation géographique de la mine de Chaabet El-Hamra

I.2.2.Stratigraphie des monts du Hodna :

La stratigraphie du massif de Hodna se caractérise par des séries sédimentaires définies du Trias au Quaternaire (Glaçon, 1967 ; Guiraud, 1990) (Fig. I.2) :

Le Trias :Se rencontre sous forme de pointements dans les zones les plus tectonisées. Il est composé de masses d'argiles bariolées accompagnées d'un chaos de roches : brèches dolomitiques, cargneules, amas de gypse, brèches de schistes micacées, avec parfois des

fragments de cristallin et de roches vertes. Des lambeaux calcaro-dolomitiques bien stratifiés, attribués à la base du Lias (Rhétien ou Hettangien) sont fréquemment emballés dans le Trias.

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

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

Le Crétacé supérieur :est constitué de la succession lithostratigraphique suivante : (1) des marnes et des marno-calcaires du Cénomaniens inférieur et moyen, qui se termine par des couches très fossilifères ; (2) des calcaires et dolomies du Cénomaniens supérieur et du Turonien basal, à la base et au sommet desquels s'observent des couches à silex ; (3) des marnes et marno-calcaires à *Globotruncana helvetica* (Turonien inférieur à moyen) ; (4) des marnes à Rudistes du Turonien supérieur ; (5) des marnes et marno-calcaires du Sénonien avec intercalation de calcaires à Inocérames ; (6) des calcaires à *Laffittéines* du Maestrichtien.

L'Eocène : est représenté par des faciès calcaires ou marno-calcaires à silex se terminant par des séries lagunaires ou parfois continentales (argilites rouges et poudingues).

Le Miocène : représenté le plus souvent de formations continentales et lagunaires, est composé de conglomérats, grés, marnes et argiles rouges.

Le Pliocène : généralement concordant sur le Miocène, est constitué de formations détritiques, marneuses et conglomératiques.

Le Quaternaire : est composé de formations continentales peu épaisses.

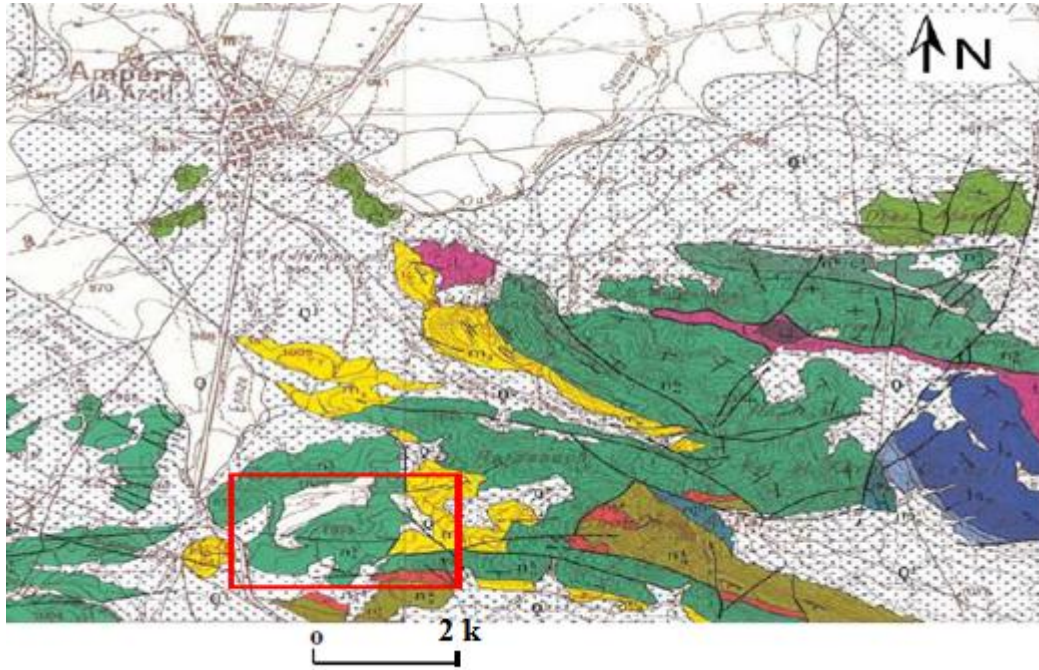
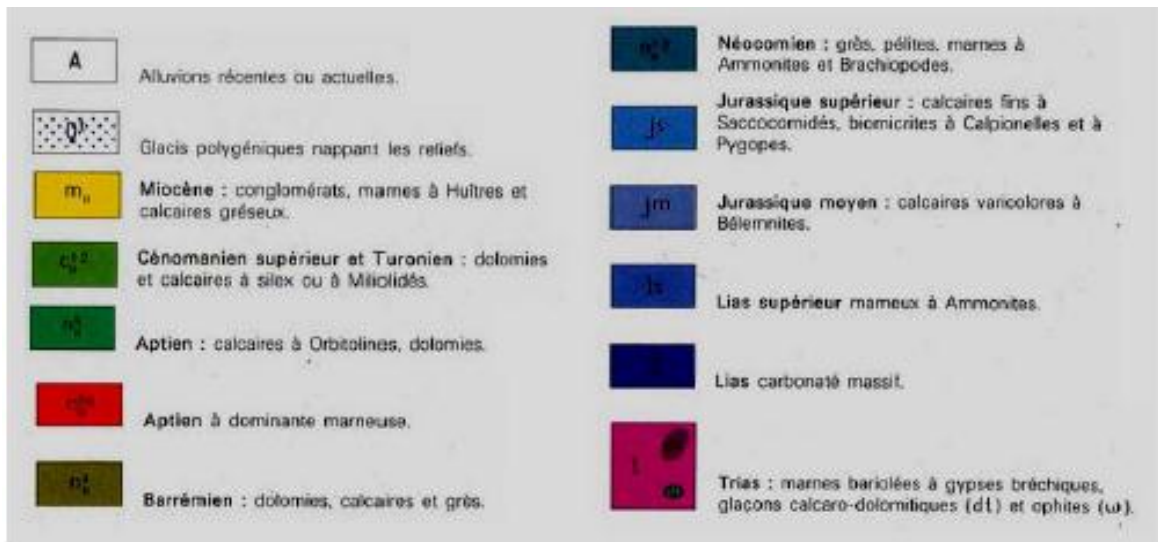


Figure I.2. Carte géologique des environs de la mine de Chaabet El-Hamra

Localisation du gisement de Chaabet El-Hamra



I.2.3. Stratigraphie du gisement :

Elle est caractérisée principalement par les dépôts du Crétacé, dont le l'Hauterivien présente le plus grand intérêt, car il contient la minéralisation (Meftah, 2002) (Fig. 1.3).

Valanginien (n2) : Les dépôts du Valanginien (stériles) affleurent à l'Est de la faille orientale et à l'Ouest du gisement et sont représentés par une alternance d'aleurolites grises avec des grés quartzeux gris clair, des dolomies gréseuses et argileuses, des calcaires et des marnes gris-verdâtres.

Hauterivien (n3) : 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 subdivisée en deux (2) niveaux :

- **Hauterivien inférieur (n31) :** Ce niveau, d'une puissance totale variant de 70 à 120 m, est à son tour divisé en trois termes :
 - **n31a :** composé de dolomies grises massives, à grains fins, parfois gréseuses, souvent à petites inclusions et nodules, de couleur blanchâtre, et parfois de calcarénites noires dans la partie supérieur de 2 à 5 m du toit ; ce terme est discontinu et son épaisseur est de 1 à 2 m.
 - **n31b :** représenté par une superposition, de bas en haut, de marnes gris-verdâtres (0,5 à 2 m), d'aleurites gris-brun (2 à 5 m), de dolomies grises (2 à 10 m), de dolomies gréseuses (3 à 8 m) et de marnes bariolées (5 à 10 m).
 - **n31c :** également caractérisé par des dolomies à grains fins de couleur brunâtre ou fortement hématitisées (l'hématite est sous forme de nids et de filonnets dans la masse dolomitique).

Hauterivien supérieur (n32) : ce niveau, d'une puissance globale variant de 80 à 120 m, est subdivisé en cinq termes :

- **n32a** : formé de grés, parfois en alternance avec des argiles, de marnes et aleurolites verdâtres, avec toujours à la base de l'alternance un niveau calcaire gris-clair, dont une partie, de 1 à 3m d'épaisseur, est dolomitisée.
- **n32b** : représenté par des dolomies massives à grains fins plus ou moins hématitisées.
- **n32c** : représenté par un calcaire gris argileux (parfois renfermant des passées argilo-marneuses ou siliceuses) dont l'épaisseur varie de 10 à 15 m.
- **n32d** : constitué de dolomies à grains fins, de couleur gris-brun, souvent argileuses, dont la puissance totale varie de 15 à 20 m.
- **n32e** : caractérisé par une irrégularité de composition et de puissance ; essentiellement représenté par des calcaires gris en alternance grossière avec des marnes et des aleurolites ; dans la partie inférieure de ce terme, les calcaires sont remplacés par des dolomies recristallisées.

Barrémien (n4) : Il est développé au Nord-Ouest et au Sud du gisement et il est subdivisé en deux niveaux :

Barrémien inférieur (n41) : ce niveau est à son tour divisé en trois termes :

- **n41a** : formé essentiellement par des grés 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.
- **n41b** : constitué par une alternance de dolomies marneuses massives, de marnes et de calcaires marneux ; sa puissance varie aussi de 40 à 60 m.
- **n41c** : 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.

Barrémien supérieur (n42) : ce niveau est subdivisé en quatre termes :

- **n42a** : 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.
- **n42b** : formé de grés brun, 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.
- **n42c** : constitué d'une alternance de dolomie gréseuse, de grés brun et d'argiles verdâtres (dolomies et grés compacts, massifs et légèrement hématitisés). Sa puissance varie de 60 à 130 m.
- **n42d** : formé de dolomies gréseuse et argileuse et de calcaire brun-violet, avec des passés d'argile verdâtre. Sa puissance est d'environ 60 m.

1.2.4. Structure du gisement :

Le minerai zincifère du gisement de Chaabet El-Hamra est composé de deux corps principaux appelés corps n° 1 pour le corps supérieur et corps n° 2 pour le corps inférieur.

Ces corps sont allongés en bande sur une longueur de 2700 m en direction et 100 à 400 m en pendage. Les corps de minerai plongent d'un pendage de 10° vers le Nord-Ouest.

Le minerai est encaissé dans une dolomie poreuse ou bréchiue située dans la partie inférieure de l'étage Hautérvien (Crétacé inférieur). Le toit du corps supérieur (corps n° 1) est une dolomie à lits marneux tandis que le mur du corps inférieur (corps n° 2) est une dolomie massive à concrétions (dolomie tachetée).

Les deux corps de minerai sont stratiformes, subparallèles et séparés l'un de l'autre par un niveau intercalaire constitué d'une dolomie à minéralisation pauvre et parfois stérile de puissance variable, de telle sorte que les deux corps se confondent en un seul corps de minerai continu.

La puissance moyenne du corps n°1 (corps supérieur) est de 5 mètres et celle du corps n°2 (corps inférieur) est de 4 mètres. Il n'existe aucune corrélation entre les épaisseurs et les teneurs et on constate une distribution contrastée dans les corps de minerai.

1.2.5. Tectonique :

Le gisement de Chaabet-El-Hamra appartient au Horst anticlinal de Rahbat et occupe la partie extrême ouest de son flanc Sud-Ouest. Il se caractérise par une structure complexe. Le gisement se subdivise en trois blocs (Fig I.4) :

Le Bloc Est.

Trois (3) côtés de ce bloc sont limités par des failles, tandis que le côté Sud est ouvert et se trouve en contact avec les calcaires du Néogène. Sur le plan structural, le bloc représente un brachyanticlinal et le pendage des flancs du pli est : 10° à 15° NE et 15° à 20° SO. Sur le fond général du pli, il existe des complications locales sous forme de dômes, gradins, etc.

Le pli est compliqué par des accidents cassants :

- **La faille sud** : de direction latitudinale dans le flanc Sud-Est du brachyanticlinal, c'est une faille normale à rejet vertical de 100 à 120 m avec un pendage au Nord inférieur à 65-75°.
- **La faille diagonale** : elle s'étend vers le Nord-Est sub-parallèlement au plan axial.

Le bloc central.

Il a la forme d'un coin, dont l'angle aigu est formé par le raccordement des failles centrale et latitudinale dans la partie Est. La partie opposée du coin s'en va en s'élargissant à l'Ouest du gisement. Sur le plan structural, le bloc Central est plus compliqué. Dans son ensemble, le coin représente un Graben à amplitude d'affaissement de 15 à 20 m.

Le Bloc Ouest.

Il est localisé au Nord-Ouest de la faille normale et se trouve limité par des dislocations cassantes Est, Ouest, latitudinale et centrale.

la faille centrale : c'est une faille normale qui s'étend de l'extrémité Nord jusqu'à l'extrémité Sud, avec un pendage au Sud-Est inférieur à 70-75° et un rejet vertical de 10 à 15 m dans sa partie Nord-Est, elle coupe un chevauchement à pente douce.

La faille latitudinale : c'est une faille normale dérivée de la faille centrale. Elle se prolonge à l'Ouest au-delà du gisement, avec un pendage au Nord de 75 à 80° et un rejet vertical de 10 à 20 m.

La faille Est : dérivée aussi de la faille centrale, cette faille normale est orientée vers l'Est, de direction subméridienne, avec une amplitude verticale du rejet de 80 m, voire de 100 m suivant le plan de faille, et un pendage Sud-Ouest inférieur à 65-70°.

La faille Ouest : cette faille normale se dégage du dessous du dépôt quaternaire, bordant le flanc Sud-Est du brachyanticlinal du bloc Est, et change de direction jusqu'à 300°, se faisant couper par la faille latitudinale ; c'est une faille en escalier formant des plaques, des coins, dans une zone d'environ 70 m de large, et le pendage est à l'Est inférieur à 70-85° tandis que les rejets verticaux atteignent 10 m.

La partie inférieure (profil 10-15) est affectée par deux accidents tectonique majeurs subparallèles de direction Nord-Est/Sud-Ouest à savoir : la faille diagonale et la faille latitudinale. La première est située entre le profil 13 est d'un rejet de 4 mètres avec un pendage d'environ 50 degrés vers le Sud-Est. Par contre la faille latitudinale est située entre les profils 15 et 16. Son rejet est de 10 mètres avec un pendage d'environ 60 degrés vers le Nord-Ouest.

1.2.6. La minéralisation :

La minéralisation du gisement de Chaabet El-Hamra est observée en faisceaux sous forme de lentilles minéralisées de composition tantôt mono-minérale, tantôt mixte (Fig I.5). Elle est représentée essentiellement par la sphalérite, la pyrite, la marcassite, la galène rencontrée rarement et donc sans importance industrielle.

Dans cette composition, les principaux minéraux sont la sphalérite, la pyrite et la marcassite. Les minéraux secondaires sont la galène, l'hématite. Les minéraux de gangue sont la calcite, la barytine, la dolomie et plus rarement le quartz et le gypse (rare). Les minéraux d'oxydation sont principalement la smithsonite, la cérusite et la limonite.

La minéralisation de pyrite, marcassite, blende et rarement galène est intimement liée aux roches dolomitiques hauteriviennes, en se localisant indépendamment aux structures tectoniques affectant ce niveau porteur de la minéralisation.

La minéralisation zincifère se présente en couches lenticulaires, regroupées dans deux faisceaux stratiformes, séparés par le banc de dolomie blanchâtre stérile, de 6 m de puissance.

La galène est très rare, et se développe généralement aux extrémités des lentilles, limitant la zone zincifère de celle baryto-pyritifère.

La sphalérite se présente sous plusieurs types : massif, en tache de recristallisation, fissure, et bréchi que ce qui constitue l'essentiel du minerai industriel.

- **Caractéristiques du minerai :**

- Coefficient de foisonnement : 1,2-1,4

- Poids volumique du minerai : 2,8

- Teneur minimale exploitable : 3 % Zn

- **Caractéristiques des roches encaissantes :**

- Dureté des dolomies franches : 7-8

- Dureté des dolomies marneuses : 3-5

- Poids volumique : $\gamma = 2,6$

- **Distribution des teneurs, des épaisseurs :**

A partir des informations provenant des sondages, le logiciel GEOPACK de la compagnie Dighem (Toronto, Canada) a été utilisé pour générer des cartes en couleurs montrant la distribution des teneurs en Zn, des épaisseurs et des accumulations pour les corps de minerai.

○ Distribution des teneurs :

Corps 1 : On note une zone de minerai assez continue (**zone est**) entre les profils 2 et 14, à l'intérieur de laquelle les teneurs en Zn varient généralement entre 6 et 10 %. Puis, suit une large zone de basses teneurs entre les profils 15 et 24. Finalement, on observe une augmentation des teneurs entre les profils 25 et 29 (**zone ouest**).

Corps 2 : Ce corps de minerai montre une meilleure continuité que le corps numéro 1, les zones Est et Ouest n'étant séparées que par un étroit intervalle de basses teneurs entre les profils 18 et 20. On note également que la zone Est (entre les profils 0 et 16) possède une teneur nettement plus élevée que la zone ouest (entre les profils 21 et 29). On note également qu'il n'existe aucune corrélation entre les teneurs des corps 1 et 2 dans un même forage. La distribution des teneurs en Zn est propre à chaque corps de minerai. Il est observé cependant une tendance commune avec deux zones enrichies séparées par une zone à basse teneur.

Le caractère spécifique de chaque corps minéralisé se trouve confirmé du fait que la zone **Est** du corps 1 est à une teneur un peu plus faible que son équivalent dans le corps 2. La zone ouest du corps 1 montre une teneur en Zn plus élevée que sa contrepartie dans le corps 2.

○ Distribution des épaisseurs :

Corps 1 : L'épaisseur de ce corps est relativement uniforme, sauf dans la partie NE des profils 14 à 18, d'autre part, il n'existe aucune corrélation entre les épaisseurs et les teneurs.

Corps 2 : Dans ce corps de minerai aussi, on n'observe pas de corrélation entre l'épaisseur et la teneur. De plus, l'épaisseur du corps n°2 est généralement plus faible que celle du corps 1.

1.2.7. Hydrogéologie :

L'importance de l'eau d'exhaure est assez connue dans la région. Le "coup d'eau" catastrophique du 02 juin 1990 a entraîné la fermeture définitive de la mine de Kherzet Youssef. Cette eau est récupérée pour les besoins agricoles et sa présence est un obstacle à l'avancement des travaux d'exploitation de la partie inférieure du gisement de Chaabet El-Hamra.

Les données géologiques et hydrogéologiques confirment l'existence de deux nappes libres (Fig.I.6) :

Dans la partie centrale du gisement, existe une nappe contenue dans les formations hauteriviennes carbonatées à perméabilité de fissure.

Dans la partie Nord-Ouest du gisement une nappe aquifère est reconnue dans les formations barrémiennes. Cet aquifère est associé aux grès dolomitiques.

Dans la partie Est du gisement deux sondages hydrogéologiques ont été exécutés, ces derniers ont donné des résultats négatifs et une absence de venues d'eau a été notée. Les travaux miniers réalisés par l'ENOF ont confirmé qu'il n'y a pas de niveau aquifère dans la partie Est.

ETAGE	LOG	Conséquence Hydrogéologique	
Miocène 30 m		Perméable	Non étudié Inexistant dans la partie centrale du gisement Exploité par les fellahs
Aptien 60 m			Etudié sommairement Situé au dessus du Niveau Statique dans la partie centrale du gisement exploité par les fellahs
Barrémien 200 m		Semi-Perméable	
		Perméable	
Hautérivien Supérieur 120 m		Perméable	Etudié
		Semi-Perméable	
Hautérivien Inférieur 120			

Figure I.3. Log stratigraphique du gisement de Chaabat El Hamra

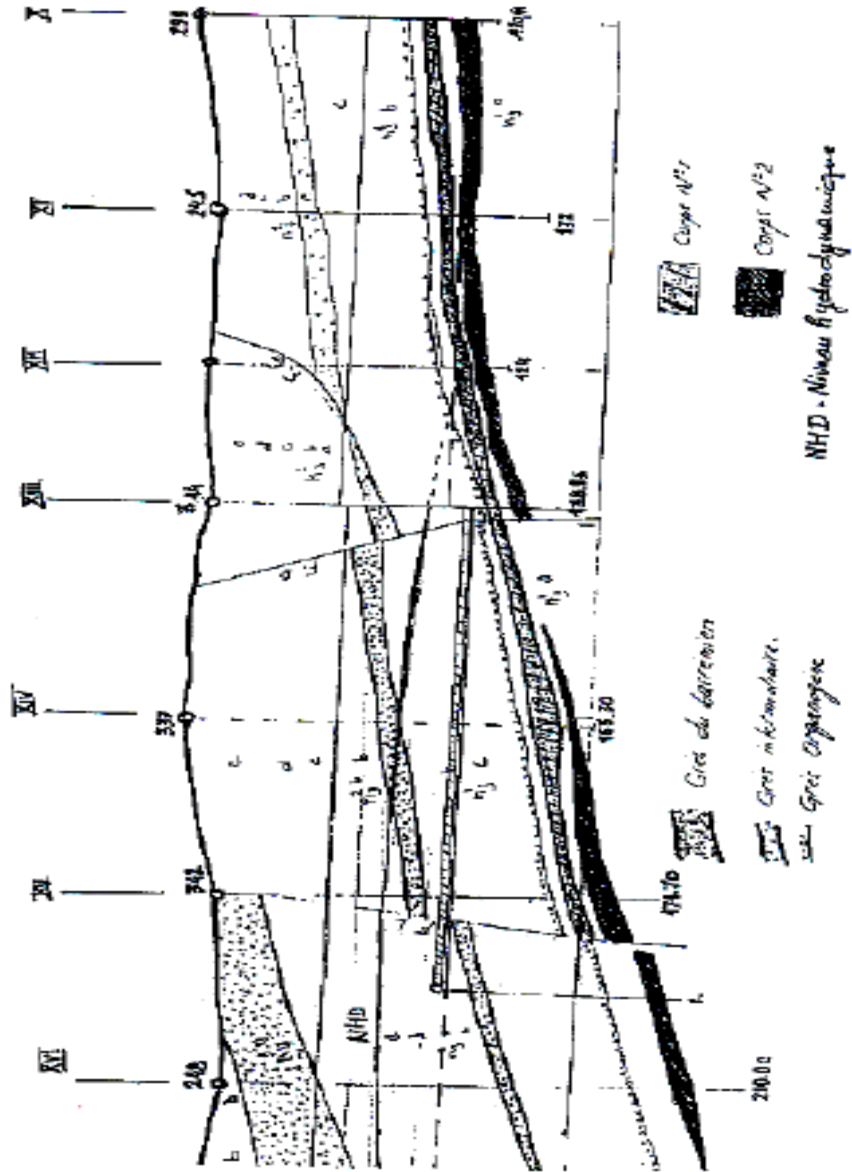


Figure I.4. Coupe géologique longitudinale de la partie inférieure du gisement de Chaabet El-Hamra (profil X-XV)

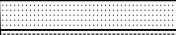

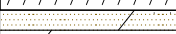


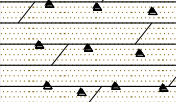
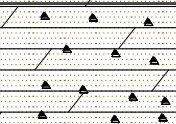
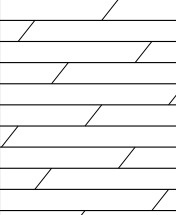
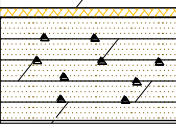
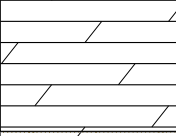
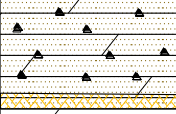


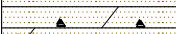
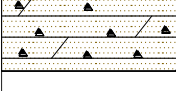
CORPS N°	COUCHE N°	LITHOLOGIE	PUISS (m)	DESCRIPTION
COROS N° 1			0.80	Grès Organogène
			0.50	Marne noire à aspect schisteux
	6		0.50	Dolomie bréchique faiblement minéralisée
			1.50	Dolomie à monéralisation disséminée de sphalerite
	5		0.20	Joint marneux
			2.00	Dolomie grise à minéralisation en veinules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

Figure I.5. La minéralisation du gisement (faisceau supérieur et inférieur)
(d'après TERRAMIN AUSTRALIA LIMITED)

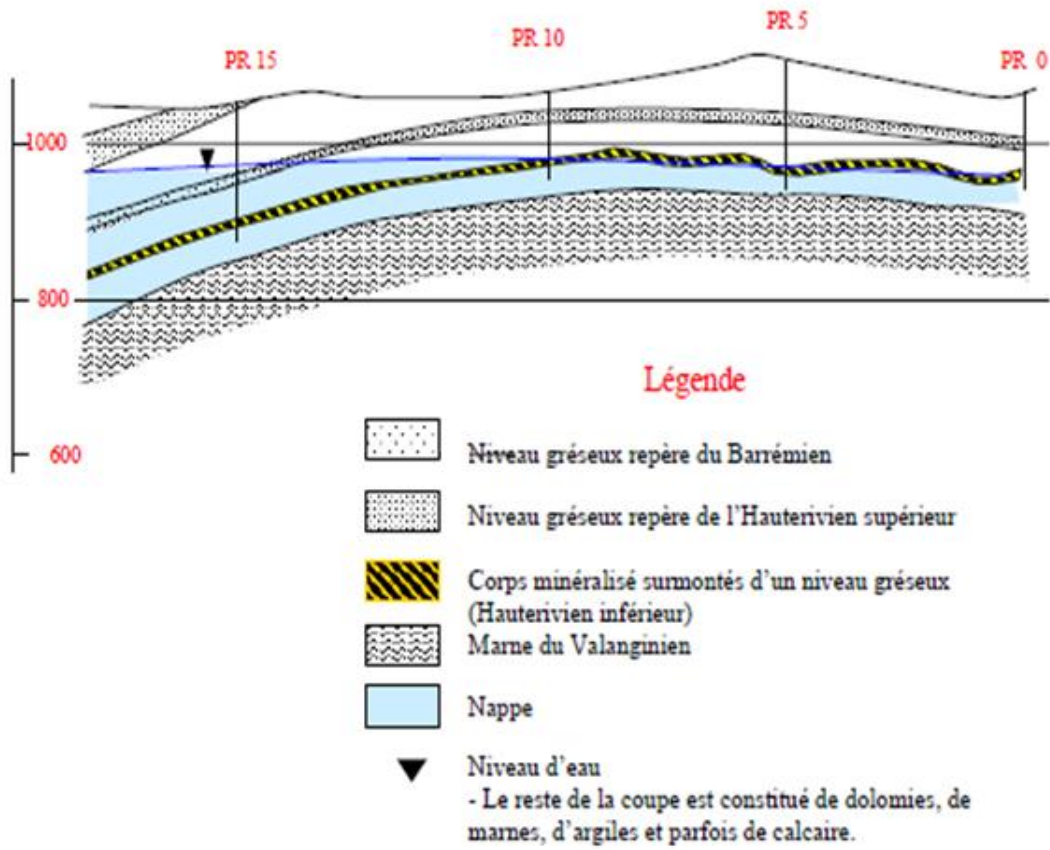


Figure I.6. Coupe hydrogéologique Profil 0 - Profil 15

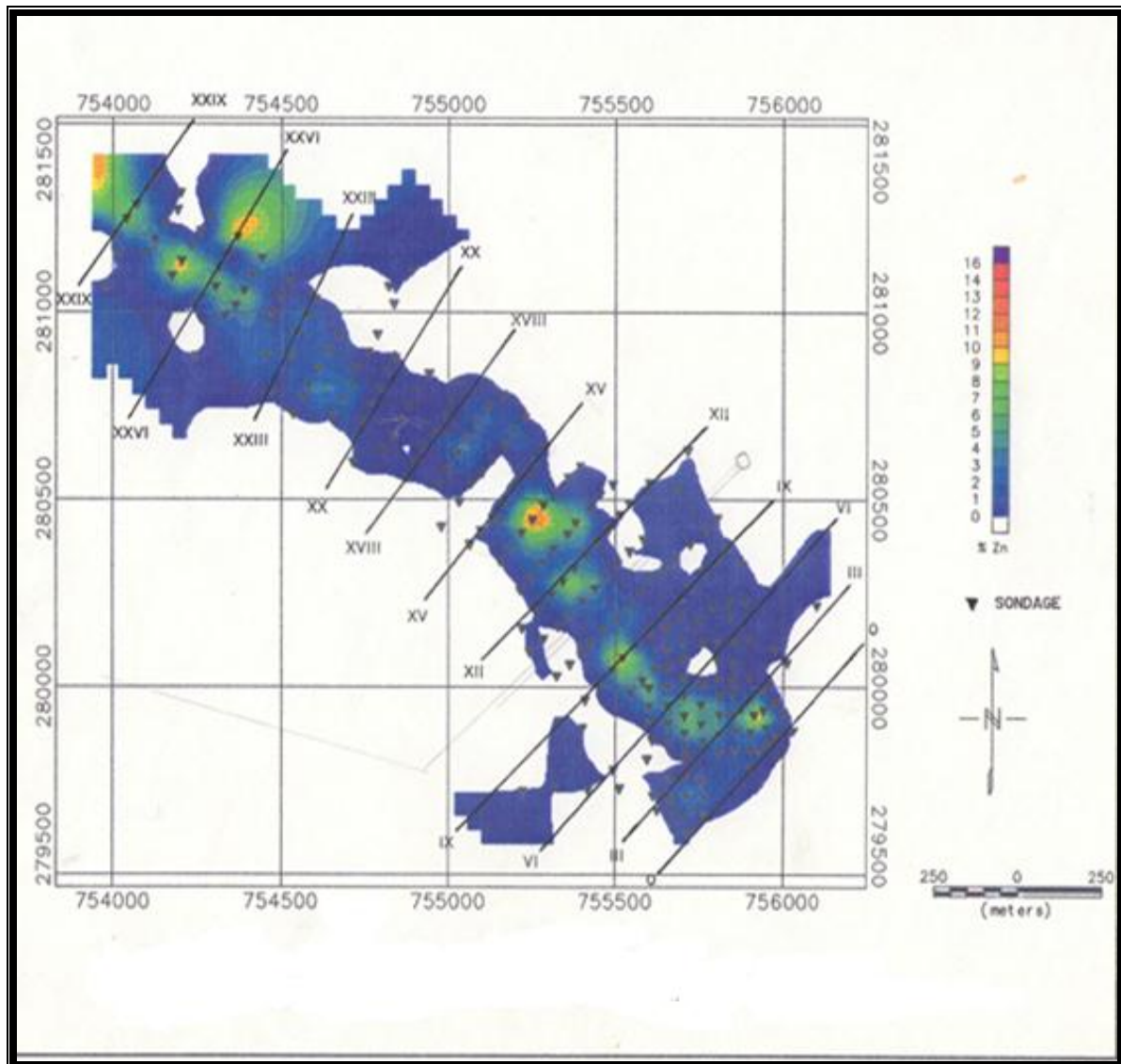


Figure I.7. Distribution du teneur en Zn dans le corps de minerai n : 01 du gisement de Chaabet El- Hamra.

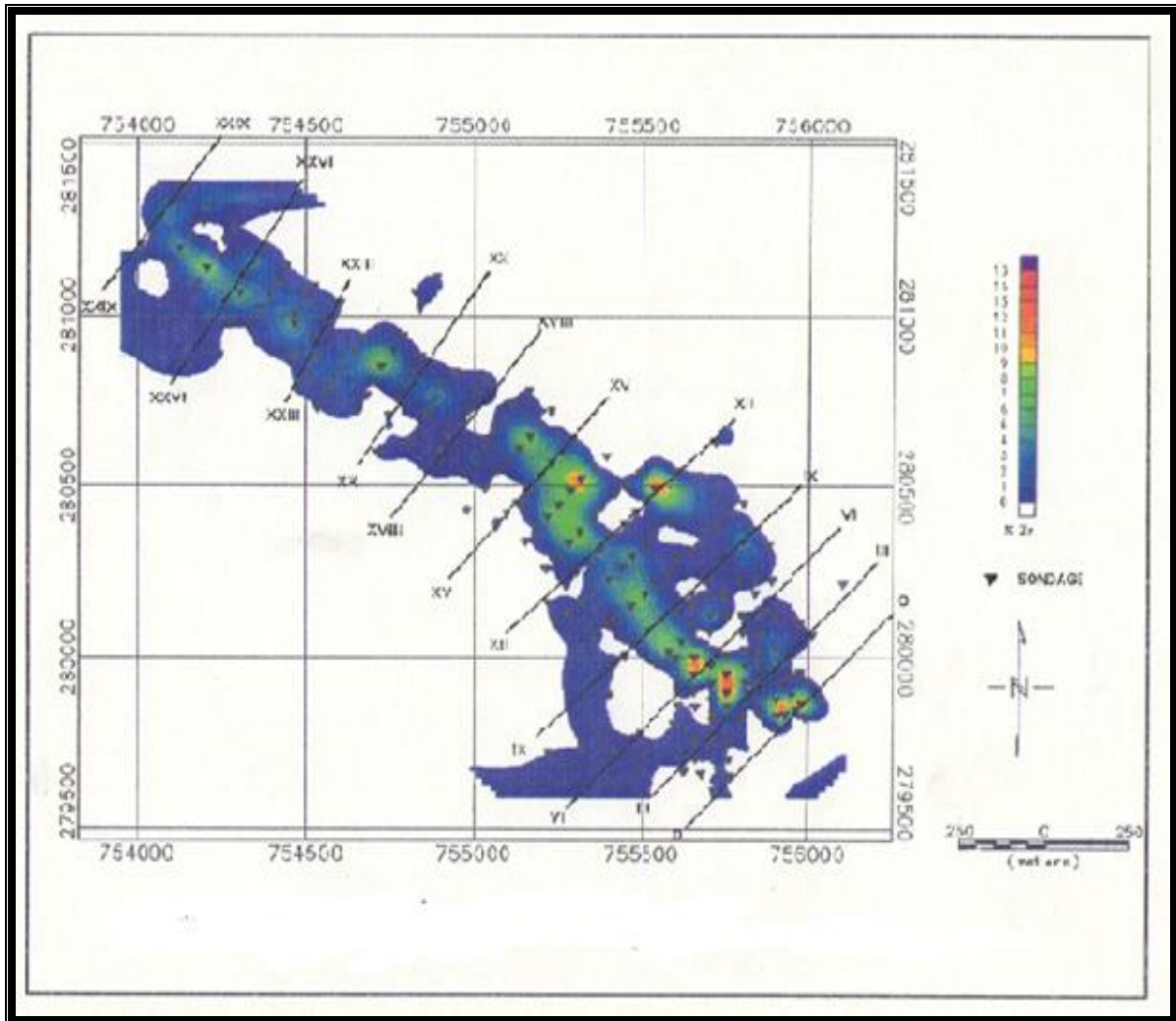


Figure I.8. Distribution du teneur en Zn dans le corps de minerai n:02 du gisement
de Chaabet El-Hamra.

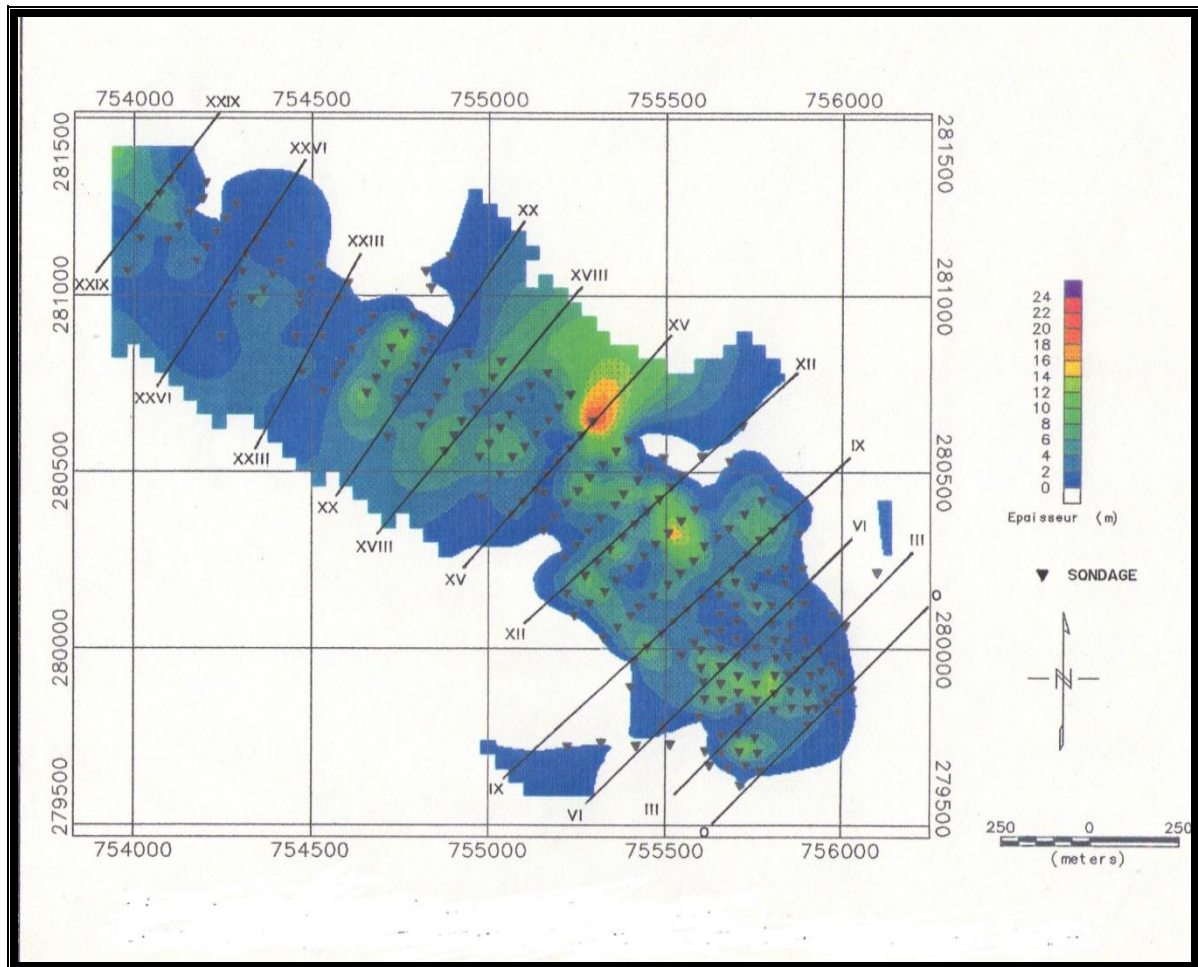


Figure I.9 .Distribution des épaisseurs dans corps de minerai n :01 du gisement
de Chaabet El-Hamra.

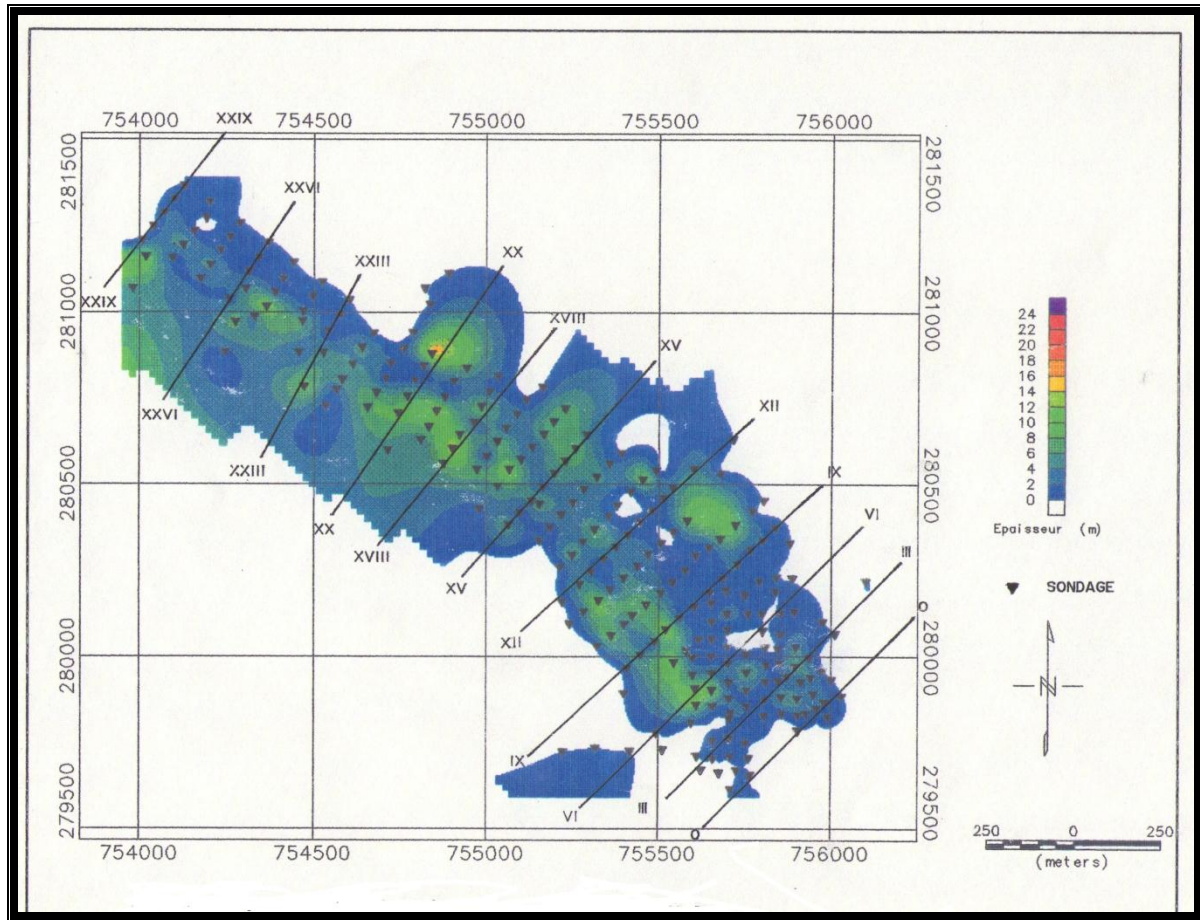


Figure I.10. Distribution des épaisseurs dans corps de minerai n : 02 du gisement
de Chaabet El-Hamra.

I.2.8. Réserves géologiques :**a. Evaluation de l'O.R.G.M 1992 :**

Les réserves découvertes par l'ORGM sont des réserves de catégorie C1 et C2. Leur calcul a été basé sur la méthode des blocs géologiques. Dans cette méthode, un bloc est défini par un certain nombre de sondages pour lesquels la teneur pondérée et l'épaisseur moyenne du corps minéralisé rencontrent des exigences minimales préalablement définies pour que le bloc soit considéré comme étant du minerai.

❖ Les paramètres de calculs sont :

Une teneur de coupure : 3%.

Une épaisseur minimale exploitable : 01 m.

Épaisseur moyenne : la moyenne arithmétique de l'épaisseur de tous les sondages inclus dans le bloc.

Une densité moyenne : Corps 1 : 3.04 t/m³, Corps 2 : 3.07 t/m³.

Une maille d'évaluation :

Catégorie C1 : ≤ 100 m en pendage et 75 m en direction,

Catégorie C2 : > 100 m en pendage et 75 m en direction,

Tableau I.2. Résultats d'évaluation de l'ORGM.

N° du corps	Catégories	Réserves géologiques (T)	Teneurs (%)	Métal	Puissance
Corps N°1	C1	2 737 000	5.23	143 245	4.11
	C2	92 200	5.18	4 776	7.11
	Total corps 1	2 829 200	5.23	147 921	4.17
Corps N°2	C1	2 132 500	6.03	128 590	3.66
	C2	58 900	5.60	3 298	2.61
	Total corps 2	2 191 400	6.02	131 888	3.62
Total corps 1 + corps 2		5 020 600	5.57	279 809	3.93

b. Évaluation de SIDAM 1994 :

Les réserves calculées par SIDAM sont des réserves de catégorie C1, L'expertise de SIDAM a été effectuée sur la **méthode des polygones**, Dans cette méthode, chaque sondage se voit attribuer une zone d'influence de forme polygonale; les cotés de du polygone sont des perpendiculaires tracés à la mi-distance de la droite qui relie le sondage considéré aux autres sondages qui l'entourent.

Les paramètres de calcul utilisés sont :

Teneur de coupure : 3%.

Épaisseur minimale : 02 m.

Densité moyenne : 03,05 t/m³ pour les deux (02) corps 1 et 2,

Maille d'évaluation :

Catégorie C1 >75 m en direction et 100 m en pendage.

Sachant que cette méthode d'évaluation a donné les résultats suivants en catégorie C1 uniquement.

Ces résultats sont donnés ci-dessous :

Tableau I.3. Résultats d'évaluation de SIDAM

N° du corps	Catégories	Réserves géologiques (T)	Teneurs (%)
Corps N°1 et 2 confondus	C1	2 602 200	6.08
	C1	2 205 800	6.80
	Total	4 808 00	6.41

C. Réserves retenues :

Les réserves retenues dans le projet d'exploitation du gisement, (Pr 10 – P15), sont celle de l'évaluation de l'ENOF 1997. La teneur de coupure de 4 %.

Tous les calculs économiques sont bâtis sur la base de ces réserves.

Les réserves par profil de la partie inférieur du gisement sont données ci-dessous :

Tableau I.4. Réserves retenues.

Profil	Réserves géologiques Corrigées	Teneur %	Perte	Salissage	Réserves Récup	Teneur (%)	Teneur corrigée %
Total Pr 10	5 245	8,34	10%	8%	5 125	7,68	5,49
Total Pr 11	27 225	6,29			26 655	5,63	4,03
Total Pr 12	235 018	7,82			230 357	7,19	5,14
Total Pr 13	75 367	7,26			73 853	6,68	4,78
Total Pr 14	299 796	8,13			293 847	7,49	5,36
Total Pr 15	77 639	7,78			76 063	7,16	5,12
Total 10-13	342 855	7,58	10%	8%	335 990	6,9	4,94
Total 10-14	642 651	7,84			629 837	7,18	5,14
Total10-15	720 290	7,83			705 900	7,21	5,16

Chapitre II :

Appréciations

sur les réserves

II.1.Généralités :**a. Introduction :**

L'une des tâches principales du géomètre arpenteur des entreprises d'exploitation minière est la mise en évidence et la représentation dans l'espace des conformités sur la base des observations des gisements et leurs conditions de gisement.

Cette tâche est en général résolue par la géométrie souterraine (G.S.) :

La science géologico-minière qui étudie et élabore les méthodes de description et de représentation dans l'espace de tout indice du complexe des champs géochimiques :

- Les gisements des minerais utiles.
- Les conditions de gisement.
- Les méthodes de représentation sur les plans d'arpentage de mines (A.M.) des frontières des gîtes et des conditions de leur gisement .
- L'emplacement dans le sous-sol des réserves : quantité ; qualité et degré de leur étude et préparation .
- La répartition dans le gisement des composants nuisibles .
- Les méthodes de calcul des réserves : volumes, tonnage , pertes et dilutions.

Donc la G. S. étudie les GMU et les conditions de leur gisement à travers des observations et effectue la représentation graphique de ces derniers complétant ainsi la documentation

graphique minière (D.G.M.) sans laquelle il serait impossible de mener d'une manière planifiée, en sécurité et avec un rendement économique les travaux :

- Géologiques de prospection ;
- L'évaluation des réserves ;
- La construction et l'ouverture des GMU et l'exploitation et la fermeture de la mine épuisée.

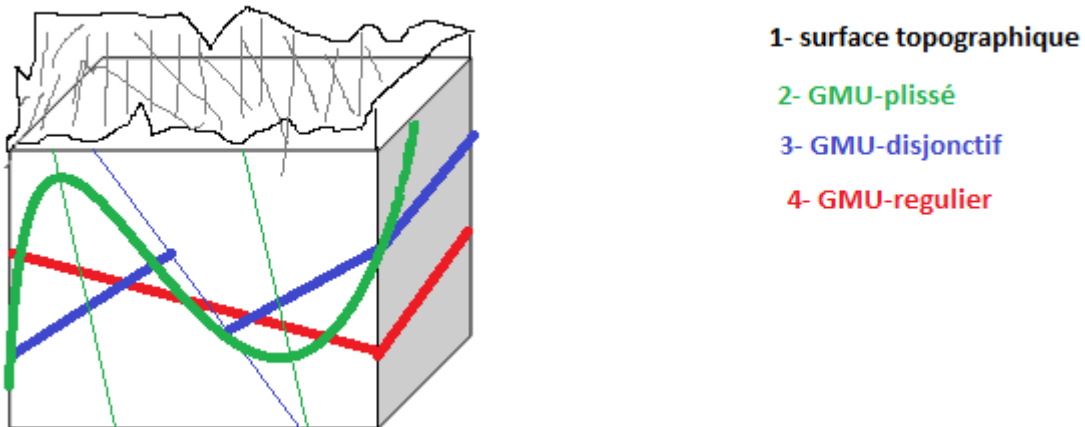


Figure II .1: Le complexe du champ géochimique

-Au cours de la prospection et de l'exploitation des GMU on enregistre un grand nombre de données, caractérisant la forme des gîtes et les couches minéralisés, les conditions de leur gisement et les spécificités physico-chimiques des minerais utiles.

Il serait mieux et confortable d'utiliser leur forme graphique (dessins) permettant de réunir les données du gisement et de les représenter sous une forme claire, commode et exploitable.

L'établissement de tels graphiques s'appelle la géométrisation des gisements des minerais utiles (G.G.M.U.) et l'ensemble des graphiques constituent la documentation géométrico-minièrre ou la documentation graphique minièrre (D.G.M)

- ❖ Les graphiques géométriques et minièrres se répartissent en des graphiques structuraux et en des graphiques qualitatifs.
- ❖ Les graphiques structuraux sont ceux qui reflètent une représentation simple commode et mesurable au sujet de forme, des éléments et conditions de gisement, des fractures géologiques et autres tels que le relief, la profondeur, l'épaisseur...
- ❖ Les graphiques qualitatifs donnent une représentation simple, commode et mesurable au sujet caractère du caractère du changement des propriétés des minerais utiles : la teneur, le poids volumique, les composants nuisibles...

La représentation graphique de chaque indice se fait sur le plan horizontal et l'ensemble de ces plans s'appelle alors les plans géométrico-miniers (P.GM) et leur superposition constitue le plan général d'arpentage de mines (P.G.A.M.) dont les mises à jour s'effectuent au fur et à mesure que de nouvelles données apparaissent.

b. Approche théorique de la géométrisation GMU :

Le sous-sol représente un complexe des champs géochimiques des formes de gisements et des processus dont chaque élément peut être mathématiquement interprété dans le temps (T) et dans l'espace (E).

La valeur de n'importe quel indice structural ou qualitatif des GMU est donc une variable dans T et E.

$$I = f(x, y, z, t)$$

Cependant à un moment (t) donné cet indice est pratiquement défini dans E

$$I_t = f(x, y, z)$$

Cette fonction I_t peut être exprimée sous forme analytique, de tableau ou graphique.

L'expression graphique de cette fonction est la plus répandue à cause de sa simplicité et de la possibilité de son expression avec plus de commodité.

Les tâches principales de la G. GMU est donc l'étude et l'élaboration des procédés d'établissement des modèles géométriques commodes exprimant la situation dans E de l'indice structural ou de qualité des GMU (I_t).

Dans la pratique de prospection géologique et d'exploitation minière il est usuel d'apprécier des indices à une, deux de trois variables c'est-à-dire on aura :

$$I_t = f(x); \quad I_t = f(x, y); \quad I_t = f(x, y, z).$$

La représentation de l'indice à une variable, c'est le cas par exemple la représentation graphique de la teneur le long de la galerie : $I = f(t)$;

La représentation de la fonction $I = f(x, y)$ c'est le cas de la cote d'un point par rapport au plan horizontal s'interprète géométriquement par une surface donnée.

N'importe quelle surface réelle ou non réelle peut être représentée par un système de projection des côtes chiffrées (iso lignes) si et seulement si cette surface est topographique c'est à dire si, cette dernière satisfait aux conditions suivantes :

1. La fonction $f(x, y)$ existe et à chaque valeur du variable correspond une et une seule valeur de I .
2. La valeur numérique de I dans le model établi représente la distance du plan de projection au point considéré de la surface ;
3. La normale au plan de projection traverse la surface en un seul point.

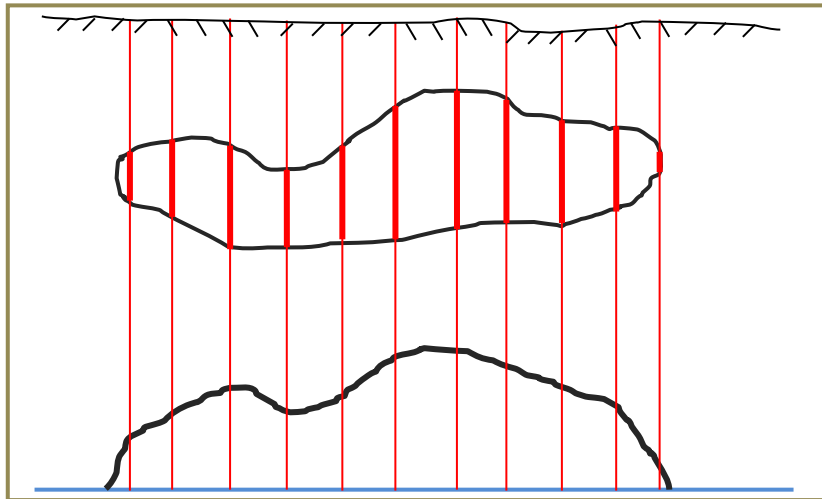


Figure II.2 : Surface topographique

❖ **On appelle iso-ligne** : l'ensemble des points de même valeur de I .

Pour la représentation de la fonction $I = f(x, y, z)$ on procède à l'établissement pour les valeurs de $z_1, z_2 \dots z_n$ des fonctions $I_1, I_2 \dots I_n$ dont chacune peut être graphiquement représentée par les iso-lignes.

Autrement dit la fonction $I = f(x, y, z)$ se représente graphiquement sous l'ensemble des graphiques en iso-lignes dont chacun exprime le changement de I sur le plan (x, y) pour les valeurs correspondant aux $z_1, z_2 \dots z_n$.

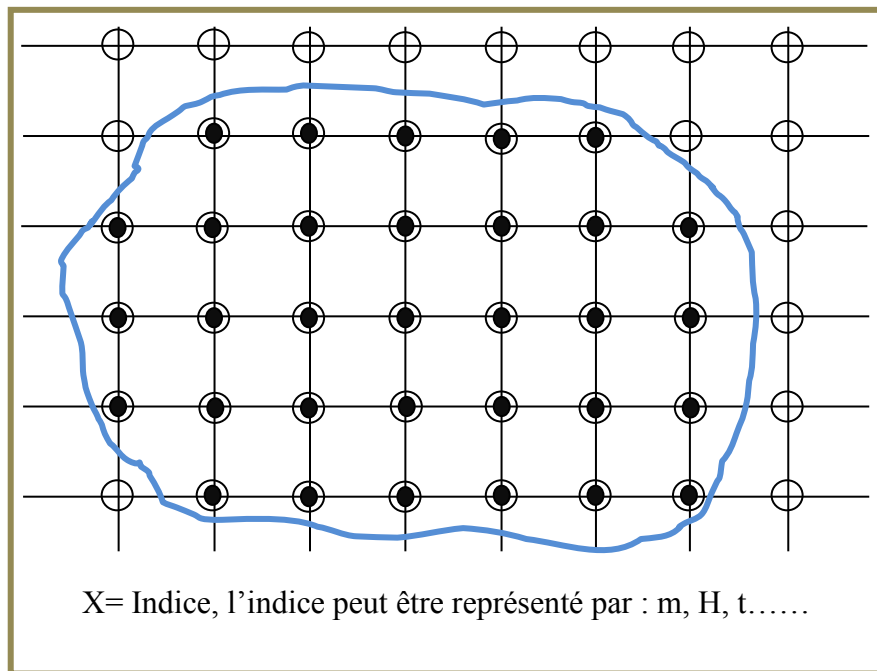


Figure. II.3 Les plans qualitatifs : isohypses, iso-pachyte (iso puissance), isobathe, iso- teneur.

c. Méthodes générales de géométrisation des GMU :

On distingue :

- La méthode des iso-lignes
 - La méthode des coupes et profils géologiques
 - Les méthodes de représentation volumique (projections aux côtes chiffrée, affine, axonométrique, perspective, centrale, stéréographique, azimutale,...).
- ❖ La méthode d'iso-lignes est la plus répandue pour l'interprétation des objets qui varient aussi bien sur le plan que dans l'espace. Comme méthode de modélisation graphique, les iso-lignes reflètent sur le plan, une meilleure représentation du caractère de la variation de l'indice. En outre elle offre la simplicité dans l'établissement des graphiques structuraux géométriques et miniers et fait ressortir l'inter-lien entre la structure et la minéralisation du GMU donné.
 - ❖ Les méthodes des coupes et profils géologiques sont utilisées pour représenter les formes et les conditions de gisement des GMU sur n'importe quelle section

verticale, horizontale ou inclinée. Le plus souvent on réalise des coupes verticales en direction et en direction transversale du gisement pour la géométrisation des structures des GMU au tout début de la prospection et ainsi que pour le calcul des réserves dans le cas des GMU filoniens et en amas. Cependant, comme les coupes ne peuvent pas refléter le caractère de changement des propriétés qualitatives des minerais utiles, leur combinaison avec les iso-lignes reste plus qu'indispensable.

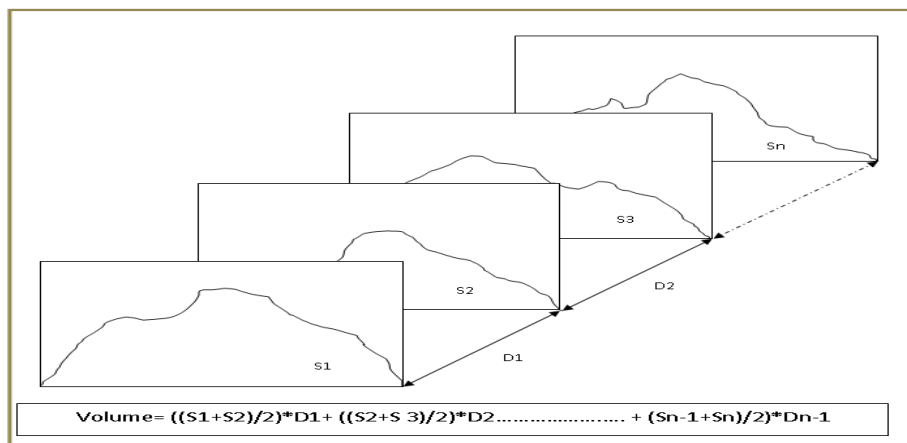


Figure II.4: Méthode des coupes verticales

- ❖ Les méthodes de représentation volumique sont utilisées lors de la géométrisation structurale et qualitative des GMU compliqués. Les graphiques volumiques s'établissent sous forme des projections connues : axonométrique, affine, stéréographique, azimutale.

II.2.Partie pratique :

Dans cette partie on va essayer de faire les plans : iso-teneur, iso-puissance et iso-profondeur de gisement de Chaabet El-Hamra à partir des données caractérisant les sondages (Teneur, Puissance, Cote) (**la figure IV.5**). .

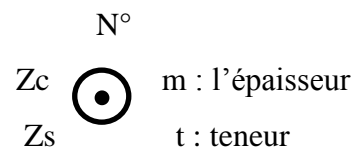
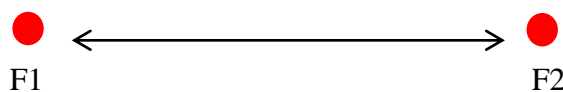


Figure II .5 .présentation d'un sondage

- a. **plan iso- teneur** : c'est le plan qui représente l'ensemble des points qui ont même valeur de la teneur du gisement de Chaabet El-Hamra (**Figure II.06**) .

❖ Le travail est basé sur la méthode de l'interpolation linéaire ;

1-On mesure la distance(**A**) entre les deux forages successifs **F1** et **F2** sur le plan (**Figure IV.6**)



2-On calcule la différence de la teneur(**B**) entre F1 et F2.

3-On représente A et B sur un reppert (xx') et (yy') , sachant que A soit sur (xx') et B sur (yy') .

4- Pour subdivise B on faire la suite arithmétique $B_n = 3\% + (n - n_0) * 1\%$, sachant qu' $U = 1\%$ (prendre un pas $= 1\%$ et B supérieure ou égal à 3%) (3% c'est la teneur de coupure)

A laid cette méthode on trouve le plan iso- teneur de de gisement de Chabert El-Hamra.

b. plan iso- puissance : c'est le plan qui représente l'ensemble des points qui ont même valeur de la puissance.

(à partir même méthode qui on a utilisée pour le plan iso- puissance) (Figure II.07)

c. plan iso- profondeur : c'est le plan qui représente par l'ensemble des points qui ont même valeur de la profondeur.

(à partir même méthode qui on a utilisée pour le plan iso- profondeur) (Figure II.08)

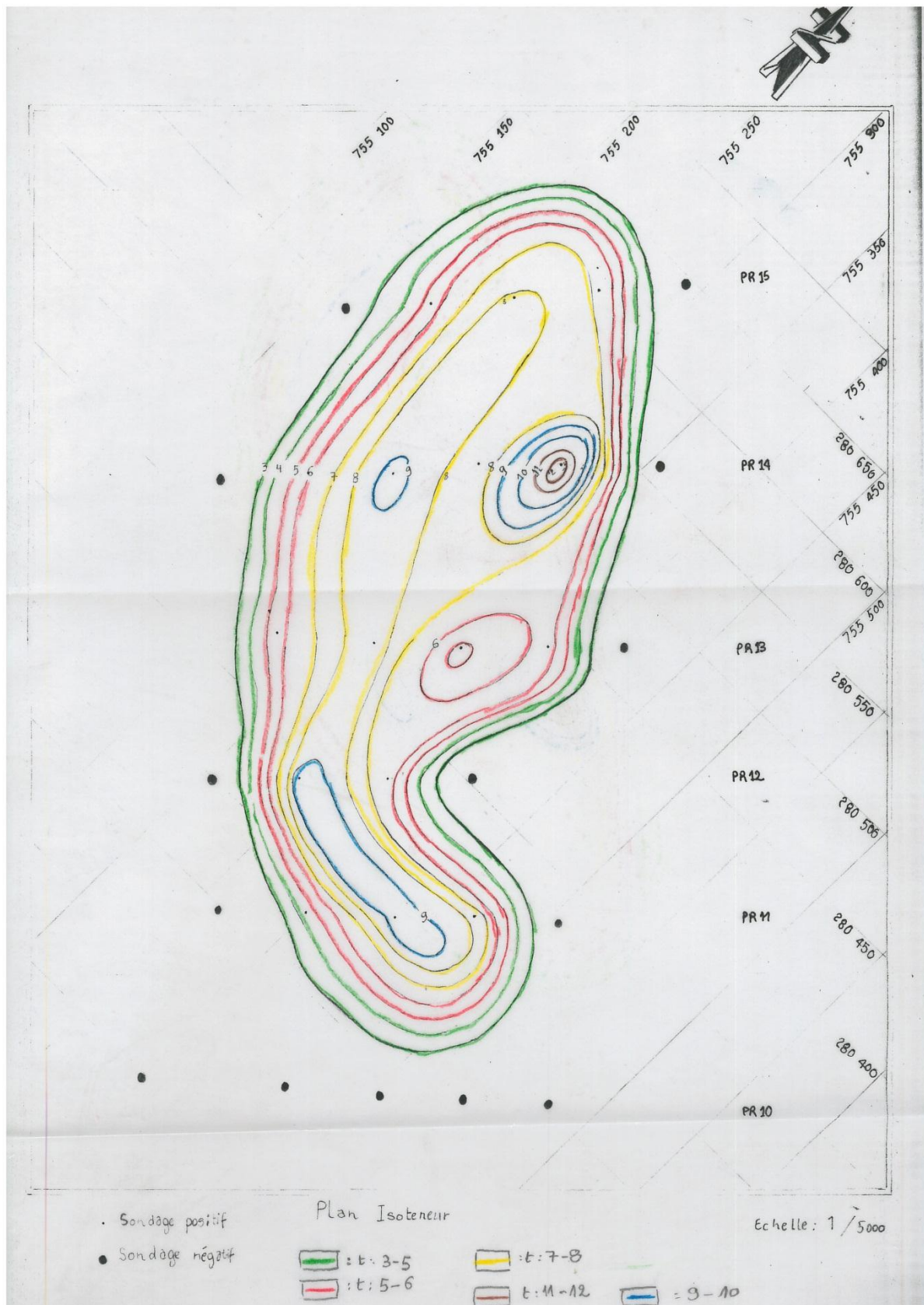


Figure II.06 Plan iso teneur

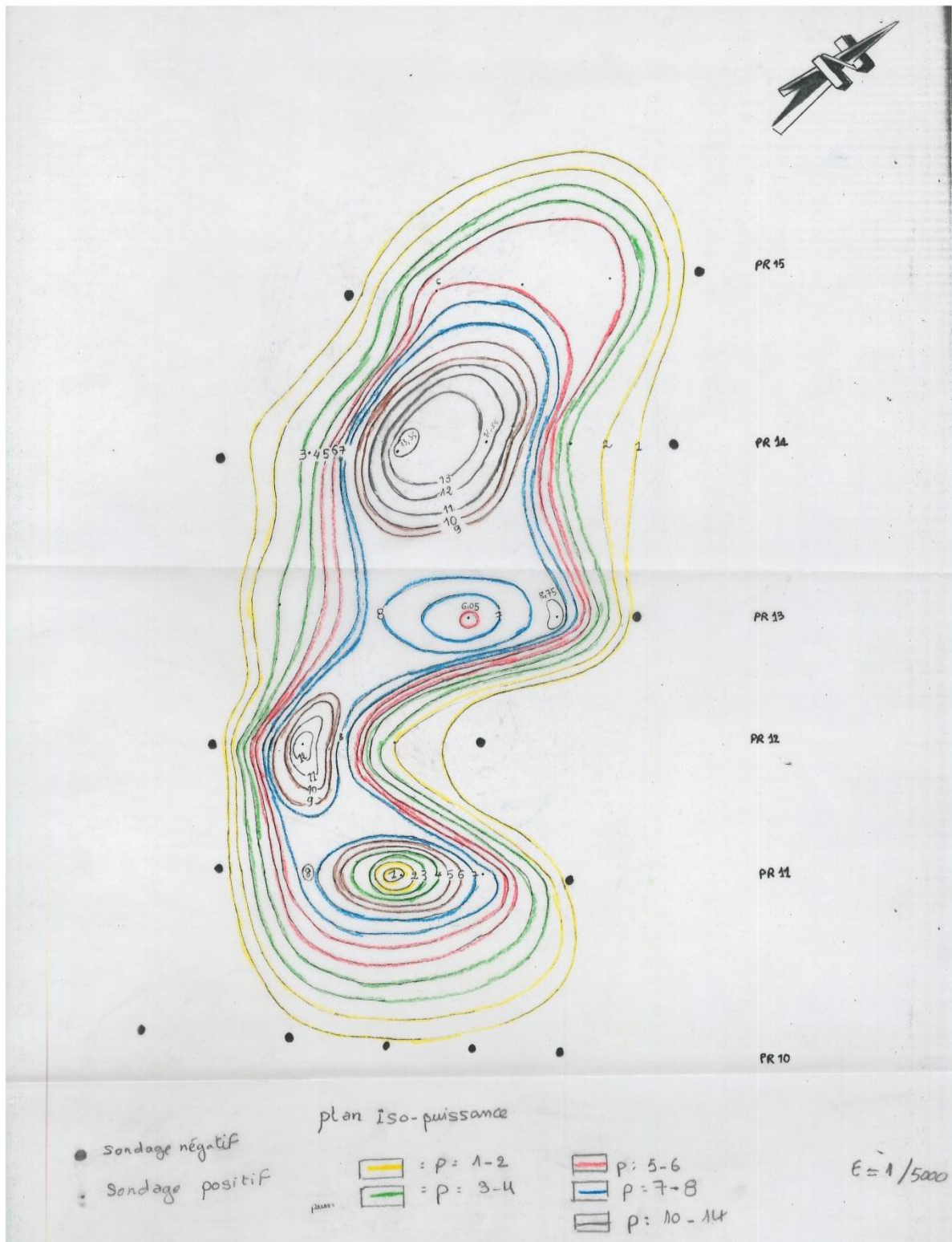


Figure II.07 Plan iso-puissance

d. Interprétation des résultats :

- Pour le plan iso-teneur :

le plan iso-teneur du gisement de Chaabet El-Hamra du profile 10 à 15, montre une variation dans les teneurs allant du teneur de coupure $t = 03\%$ (exigé par les conditions technico-économiques) jusqu'à $t = 12\%$.

On remarque que la majorité du gisement a des teneurs très considérable et dépasse le 6%, on peut dire grosse au mot dot que la partie à exploité du profile 10 à 15 est très riches.

- Pour le plan iso-puissance:

Le plan iso-puissance dans la même partie du gisement montre des épaisseurs des couches minéralisé allant de $n = 1$ m jusqu'à $m = 14$ m, la majorité du gisement a des épaisseurs supérieure à $n = 4$ m, qui satisfait les conditions technico-économique de l'exploitation du gisement.

- ❖ La moyenne pondérée entre l'épaisseur et la teneur peut augmenter la quantité des réserves à exploiter .
- ❖ Dans notre cas où le minerais à exploiter est le zinc et pour que l'exploitation soit rentable ; un teneur de $t = 3\%$ et une puissance $m = 2$ m, est exigé (selon les condition technico -économique), c'est à dire : $t * m = 3 * 2 = 6\% . m$.

-cela veut dire que l'exploitation d'une couche de 1 m avec un teneur de 6%, est la même chose que l'exploitation d'une couche de 2 m avec un teneur de 3% et ainsi de suite c'est à dire on garde la même moyenne pondérée à 6%.m.

-Cette notion peut nous aider à exploiter des épaisseurs moins puissants et d'élargir la mine et augmenter la durée de vie de la mine.

La superposition des trois plans ((iso-teneur, iso- puissance et iso- profondeur) donne une vision en 03 dimensions de la mine , et par conséquent faciliter le choix de la méthode d'exploitation et éviter l'écrémage du gisement par l'ouverture du plusieurs front d'abattage dans plusieurs zones (à faible teneur ,moyen teneur, fort teneur) et les mélange pour satisfaire les exigences de l' usine de traitement.

Chapitre III :

Le système

d'aménagement

III.1.Introduction :

L'exploitation d'un gisement dans les profondeurs de la terre nécessite des infrastructures spéciales: un réseau de puits et de galeries communiquant avec la surface et permettant la circulation du personnel, le transport du matériel et du minerai, toutes les excavations souterraines doivent être desservies par des systèmes d'aéragé (amenée d'air frais et évacuation d'air vicié), d'alimentation en électricité, en eau et en air comprimé, d'exhaure, de roulage et de communications est un ensemble des travaux qui permettent d'atteindre le minerai et l'extraire dans une meilleure conditions, pour assurer la sécurité des personelles ,le matérielle et les engins.

Dans ce chapitre je vais assurant :

- Des travaux hydrogéologiques
- D'exhaure
- De la récupération du soutènement traité : c'est
- De l'amélioration le système d'aéragé
- De la résoudre le problème d'éclairage.

III.2.Les différentes étapes d'aménagement la mine du Chaabet El Hamra :

III.2.1. Rappel sur Les travaux hydrogéologiques :

Les données géologiques, hydrogéologiques et les travaux d'exploitation ont confirmé la présence de deux nappes d'eau au-dessus du niveau 960 m.

La nappe Barrémien : dans la partie Nord-Ouest du gisement, situé dans la dolomie gréseuse.

La nappe Hauterivienne : dans la partie centrale du gisement, contenue dans les formations carbonatées à perméabilité de fissure.

La partie inférieure a été totalement inondée, la poursuite des travaux d'exploitation nécessités un assèchement jusqu'au profil 30.

Les travaux d'exploitation sont arrêtés au niveau 972 (profil 12) comme le montre la figure suivante :

LE GISEMENT DE CHAABET EL HAMRA

Situation initial du niveau hydrostatique (côte 972)

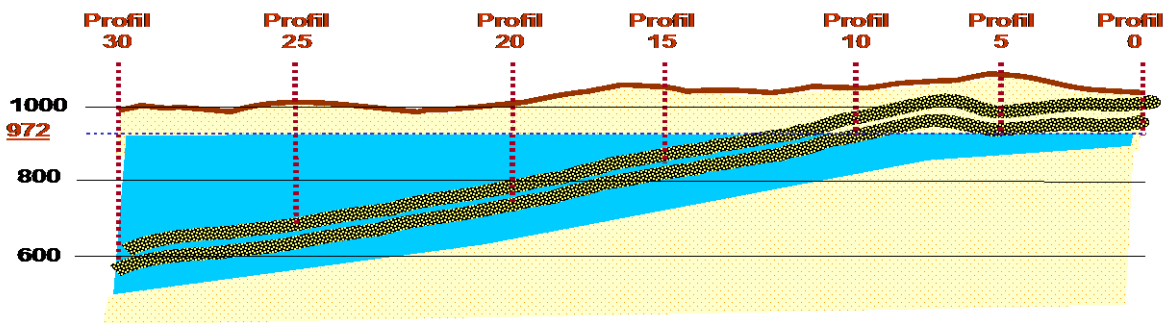


Figure III .1. Situation du niveau d'eau « fin décembre 2005 »

L'ENOF avec la collaboration de l'ANRH a entamé la réalisation de 5 forages d'exploitation à partir de la surface situés au-delà du profil 15 et des piézomètres (03) ; pour diminuer le niveau d'eau au moins 30 m au-dessous du corps minéralisé de la partie inférieure du gisement. Les forages ont un diamètre de 450 mm sur une profondeur de 250 m.

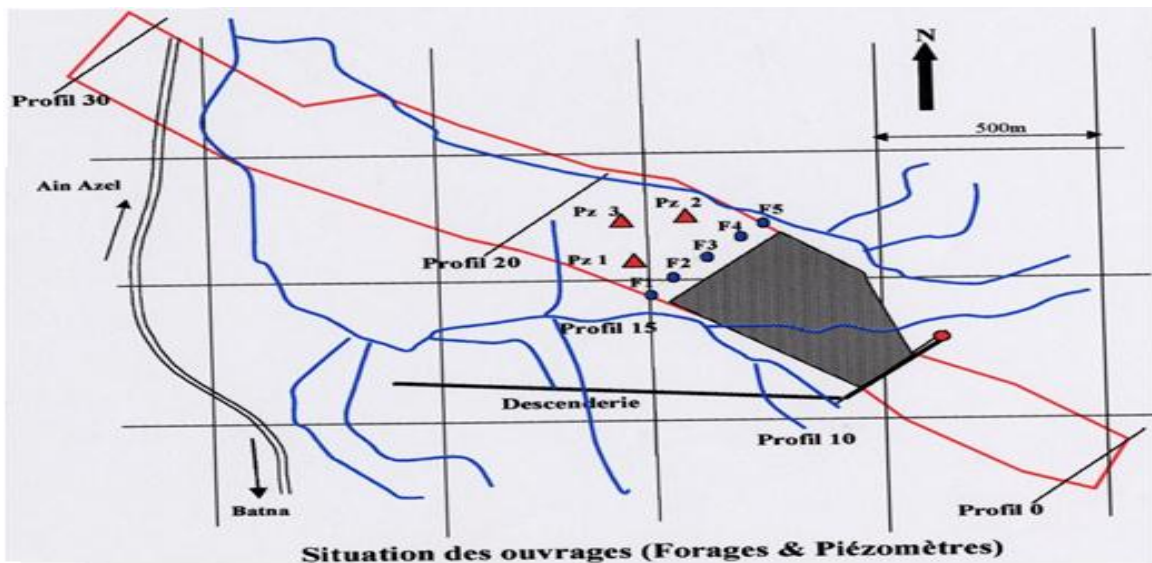


Figure III .2. Situation des forages et piézomètres.

Tableau III.1. Caractéristiques des forages et piézomètres.

Forage	Profondeur (m)	Débit l/s		Observations
		Essai de pompage	Pratique	
CEH 1	206 m	18.7 l/s	17.92 l/s	Fonctionnel
CEH 2	233 m	17.2 l/s	19.03 l/s	Fonctionnel
CEH 3	215 m	19 l/s	14.49 l/s	Fonctionnel
CEH 4	260 m	26 l/s	20.97 l/s	Fonctionnel
CEH 5	190 m	20 l/s	20 l/s	Fonctionnel
Piézomètre1	250m		Fonctionnel	
Piézomètre1	250m		Fonctionnel	
Piézomètre1	250m		Fonctionnel	

Tableau III .2. Fonctionnement du pompage depuis 2011/2013.

Mois	Débit (l/s)			Rabatement (m)			Temps de fonctionnement (h)		
	Prévu	Réalisé	%	Prévu	Réalisé	%	Prévu	Réalisé	%
Année 2011	90	79	88	32.5	10.41	32	738	662	90
Année 2012	90	77	86	30	6.34	21	731	623	85
janv-13	90	86	96	2,5	-1,05	-	695	677	97
févr-13	90	87	97	2,5	-1,10	-	727	707	97
mars-13	90	81	90	2,5	-0,10	-	710	690	97
avr-13	90	76	84	2,5	3,54	142	813	734	90
Mai	90	94	104	2.5	0,67	27%	-	-	-
juin	90	97	107	2 ,5	4,80		-	-	-
Total	90	85	90	70	23,51	34			

Actuellement les résultats montrent que les niveaux d'eau est situé à 10 m au dessous du corps minéralisé.

III.2.2.L'exhaure :

Au niveau de la mine du Chaabet El-Hamra il existe un problème est concernant de la pénétration et l'accumulation de l'eau dans la mine ,dont les causes sont multiples :

- Les eaux s'écoulent en surface pour former des oueds. Une partie de ces eaux est absorbée par les sols perméables et forme des nappes souterraines qui reposent sur une couche imperméables.
- Au cours des travaux miniers on est amené à traverser des nappes aquifères qui occasionnent des venues d'eau plus ou moins abondantes.
- Le minerai lui-même peut contenir de l'eau en plus ou moins grande quantité.
- L'eau peut pénétrer dans la mine venant de la surface à travers les affleurements ou les fissures des terrains.

Pour contenir part les causes de la venue d'eau dans mine nous proposons :

a. La réalisation des serrements :

Pour la prévention de la mine du Chaabet El-Hamra contre l'inondation par de brusques venues d'eau dans les galeries principales on construit des barrages ou serrements étanches. Les serrements sont exécutés en maçonnerie (briques, moellons, bétons dans des terrains solides et imperméables.

Pour accroître la résistance des barrages la face du côté immergé est sphérique et du côté des parements des encastremets obliques.

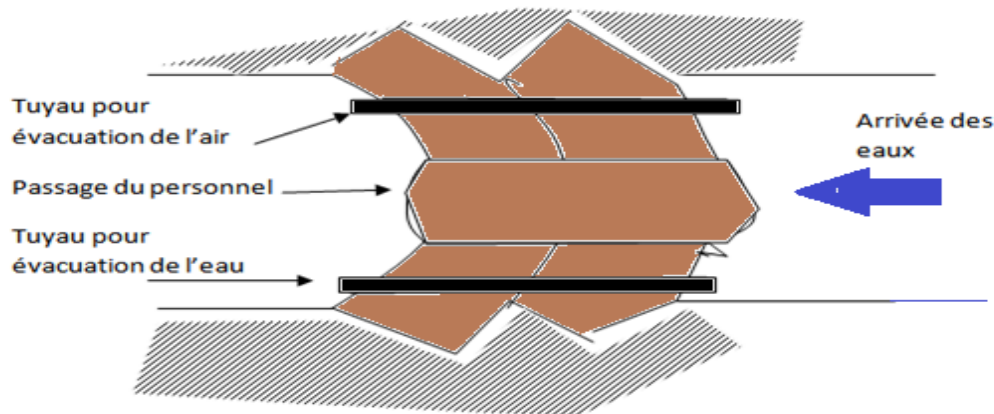


Figure III.3. Schéma d'un serrement.

Dans sa partie inférieure on fixe un tuyau pour l'évacuation de l'eau et à sa partie supérieure un tuyau pour évacuation de l'air.

b. La réalisation des albraques :

Ces eaux sont conduites jusqu'au puits d'exhaure où sont situées les albraques et la salle des pompes qui remontent ces eaux vers la surface à travers le puits. La salle des pompes est située à l'étage le plus bas. Les eaux sont collectées dans des galeries de collecte appelées albraques et qui sont situées au-dessous de la salle des pompes à environ 4 à 5m plus bas.

Les volumes emmagasinés dans ces galeries dépendent du débit de ces eaux et de l'organisation du travail de pompage :

Dans le cas de faibles volume d'eau, généralement pour diminuer le coût de l'énergie électrique , il est courant de ne faire travailler les pompes qu'au poste de nuit et entre les poste. Ce faisant les pompes travailleront sur 10heures. Ainsi la contenance des galeries doit avoir un volume capable de recevoir 11 à 13 heures de venues d'eau par ailleurs la mine doit toujours avoir un albraque de réserve afin de permettre le nettoyage d'une albraque alors que l'autre est en service.

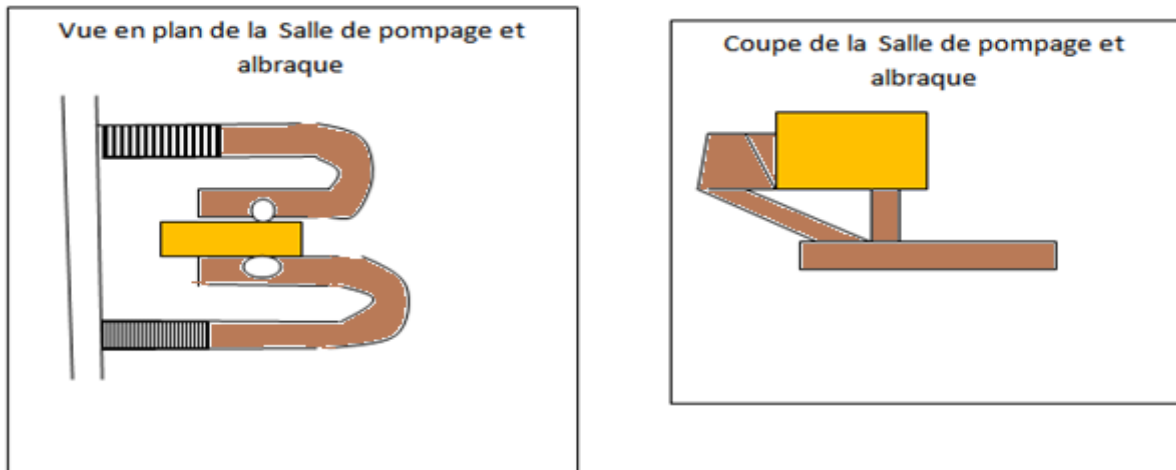


Figure III .4. Schéma présente des albraques.

c. L'installation des Salle de pompes :

La salle des pompes est une galerie et maçonnée ; elle comporte un pont roulant pour permettre la manutention des pièces très lourdes. Elle est généralement bien aérée car le moteur des pompes dégage une grande quantité de chaleur.

La salle des pompes doit avoir un nombre suffisant de pompes pour permettre le pompage , dans les deux variantes décrites ci-dessus, des eaux emmagasinées. Généralement il est prévu une réserve de capacité de pompage pour pouvoir assurer l'entretien des pompes.

Un tuyau d'aspiration est plongé dans l'eau ; ce tuyau est muni d'un clapet qui se ferme automatiquement dès que le pompage est arrêté, et d'un tamis préservant la pompe contre des détritrus.

d. La Réalisation des rigoles :

L'écoulement des eaux se faire par des rigoles. Ces rigoles sont maçonnées, creusées à la base d'un des parements de la galerie. la pente de $1/1000^{\circ}$ suffit pour la circulation des eaux si elles ne sont pas trop chargées en particules lourdes qui ont tendance à se déposer.

L'écoulement peut se faire, quelque fois, par tuyaux.

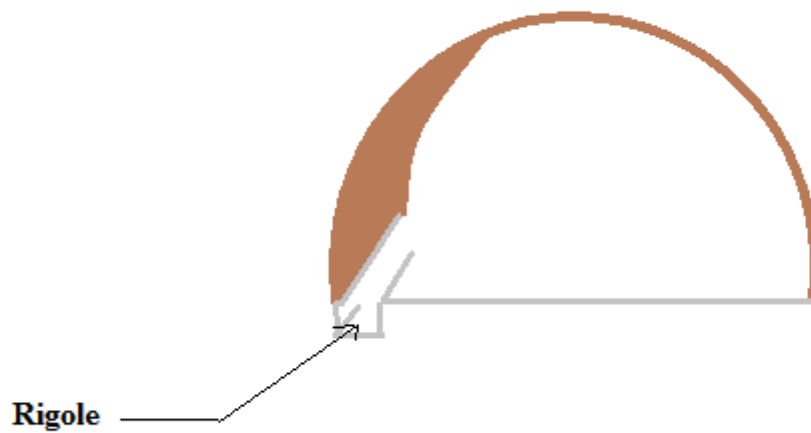


Figure III .5. Schéma présente une rigole.

❖ **Mesures pour limiter les venues d'eau en surface**

- Régularisation des oueds avec captage des eaux de surface et leur pompage à l'extérieur du champ minéralisé.
- Protection des puits par des murettes de 1m de hauteur avec constitution de voies d'évacuation à l'extérieur de la zone du puits.

III.2.3.Récupération du soutènement :

Le rôle principal du soutènement est d'assurer la sécurité des excavations dans les roches et dans le sol. Le soutènement peut aussi jouer :

a. Le rôle de support :

Le soutènement permet de maintenir en place les blocs libérés et éviter ainsi les chutes de blocs du toit ou des parements.

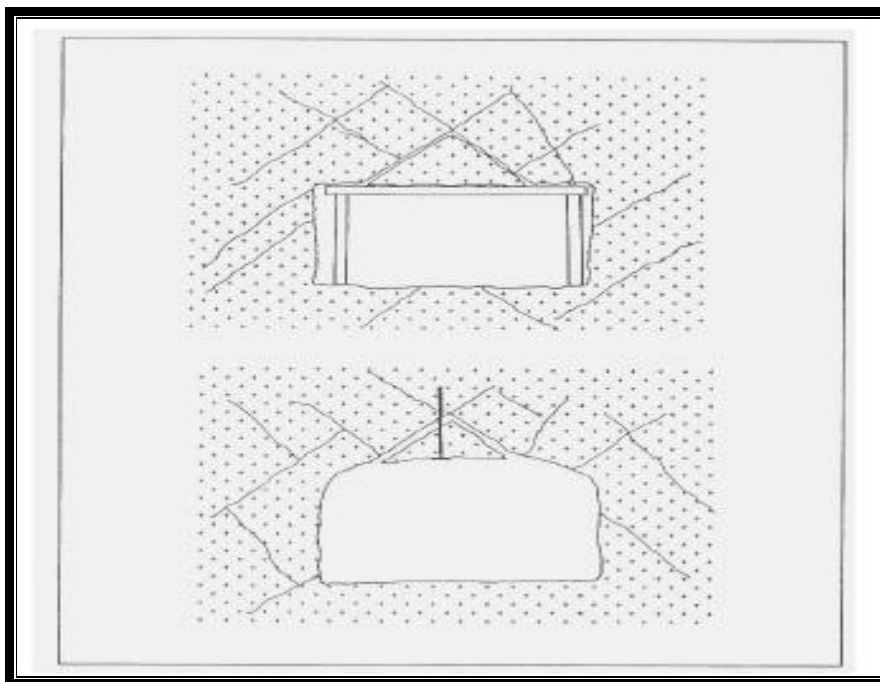


Figure III.6. Rôle de support du soutènement.

C'est le cas d'un massif granitique où le creusement de la galerie libère un bloc délimité par des fissures naturelles.

b. Rôle de confinement :

Le soutènement applique une contrainte sur la périphérie de l'excavation. Cette contrainte est appelée la contrainte de soutènement ou encore la contrainte de confinement.

Cette contrainte de soutènement n'est pas exercée de façon uniforme sur les parois de la galerie. Cet effort est distribué de manière plus ou moins ponctuelle.

c. Rôle d'armature :

Ce mode d'action intervient uniquement avec les boulons de type ancrage réparti ou à friction. En effet, ces boulons sont constitués des tiges en contact étroit avec les parois du trou : lorsque ces boulons traversent une fissure, ils offrent une résistance non négligeable à tout glissement des deux faces de la fissure l'une par rapport à l'autre.

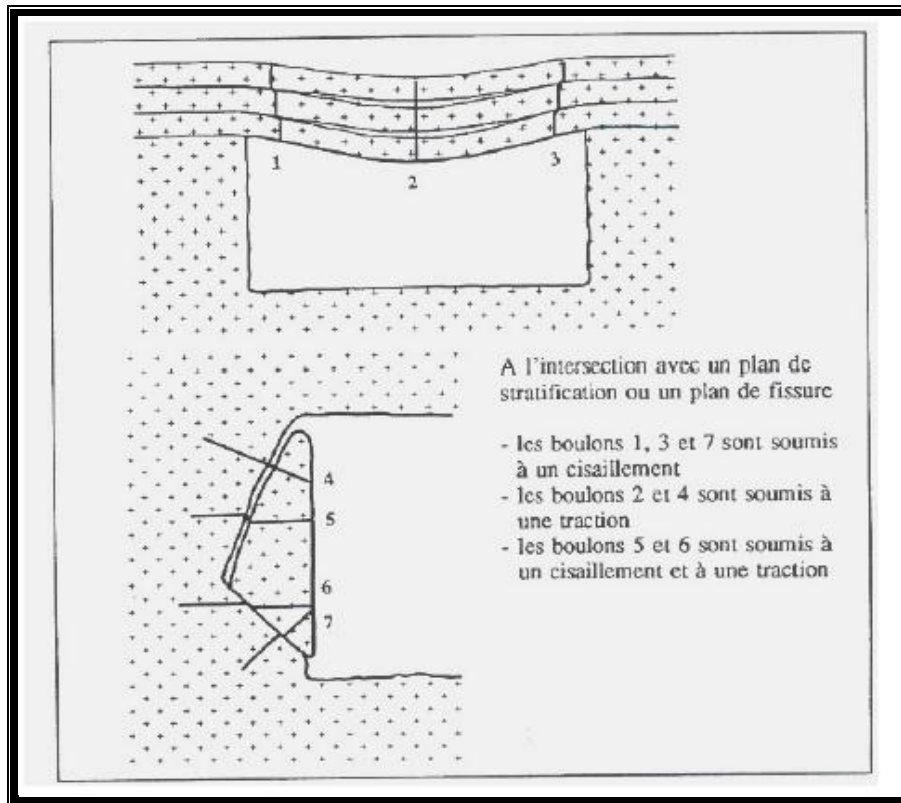


Figure III.7. Rôle d'armature du soutènement.

Au niveau de la mine du Chaabet El-Hamra. Il y a deux types de soutènement qui sont pratiqués :

III.2.3.1.Soutènement par boulons:

Ce de soutènement est utilisé à Chaabet -El- Hamra dans la descenderie et dans les travers bancs traversant des bancs dolomitiques et dans les zones moyennement stable (**Figure II.9**) Le soutènement par boulons est réalisé à l'aide de boulons qui arment le terrain.

Le but du boulonnage est le contrôle du toit immédiat et non pas de la pression des terrains, et de renforcer la résistance de la roche autour de l'excavation. Le boulonnage peut avoir différents objectifs :

- Accrocher un toit immédiat peu résistant à un banc supérieur solide autoportant, Les boulons doivent fournir au toit immédiat des points d'appui suffisamment rapprochés pour qu'il se maintienne sur cette portée réduite.
- Faire d'un empilage de banc miné, un banc solide capable de se supporter lui-même au-dessus du vide de la galerie.
- Renforcer la roche autour de la cavité, c'est-à-dire s'opposer à la détente de la fracturation des roches entourant la galerie. Les boulons doivent être placés le plus tôt possible après l'abattage et le chargement du minerai, Il ne faut pas laisser à la roche le temps de fléchir et se fissurer, les trous sont disposés généralement sur ligne droite parallèle au front et perpendiculaire à l'axe de la galerie ou la chambre,
- Les boulons utilisées en souterrain sont : les boulons à ancrage ponctuel et ceux à ancrage repartis. Les boulons à ancrage ponctuel comportent une tige qui est tendue entre l'ancrage en fond de trous et la tête bloquée en parement, l'ancrage est couramment un ancrage à expansion constituée de deux demi-coquilles qui se bloquent aux terrains en s'écartant, la mise en tension de boulon est obtenue par serrage de l'écrou de tête.

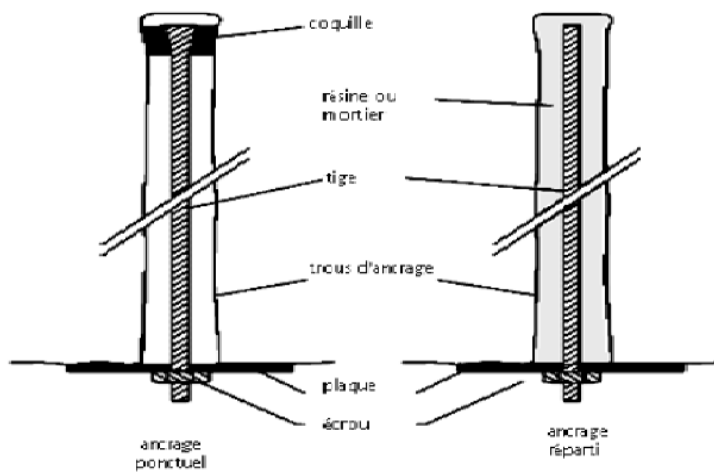


Figure III.8. Les boulons d'encrage ponctuelle et répartis



Figure III.9. Soutènement par boulons (la mine de chaabet El-Hamra).

III.2.3.2. Le Soutènement par cintres métalliques:

Ce type de soutènement est utilisé à Chaabet -El- Hamra surtout dans les endroits instables et les zones faillées (**Figure II.10 et Figure II.11**).

Ils sont généralement utilisés comme cintres de soutènement ou de renforcement, En raison de leur rigidité, ils sont en effet en mesure dans la plupart des cas, et s'ils sont correctement appuyés et bloqués, de ralentir et de limiter les déformations du terrain encaissant, ils sont souvent utilisés dans les cas où le maintien de la géométrie de la section est impératif ou s'il s'agit de limiter strictement l'étendue de la zone du terrain décomprimé autour de la galerie.

Leur dimensionnement est déterminé en général en tenant compte des pressions maximales correspondant à la stabilisation du terrain encaissant.

Les cintres constituent une ossature en forme d'arc disposé selon la section transversale de l'excavation, ils peuvent être en profilés métalliques.

Il est indispensable de veiller à la qualité du blocage du cintre avec les terrains afin d'assurer une meilleure stabilité ; l'espacement entre les cintres est généralement entre 0,8 et 1,5 m selon la tenue du terrain et la capacité du cintre. Pour leur garnissage on utilise en général :

- Bouts de poutrelles, de cornière, de rails de réemploi; etc.
- Des grilles constituées d'un ensemble de queues soudées.
- Des tôles perforées placées longitudinalement, formant ainsi un garnissage continu.
- Des plaques en béton armé, ce garnissage est incombustible.
- Des sacs remplis de déblais.



Figure III.10. Soutènement par cintres métalliques (la mine de Chaabet EL-hamra)



Figure III.11. Soutènement par cintres métalliques.

III.2.4. Amélioration Le système d'aérage :

III.2.4.1. Généralités :

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

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

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

- Aérage naturel
- Aérage artificiel

a. Aérage naturel

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

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

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

$$\Delta H_n = \left(0,45 * \frac{h}{100} \right) * \Delta T$$

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

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

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

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

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

b. Aéragé artificiel :

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

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

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

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

d. Quantité d'air nécessaire :

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

$$Q_1 = q * n * K \quad [m^3/min]$$

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

n : nombre d'ouvriers maximum au chantier.

K : Coefficient de réserve : $K = 1,2 - 1,3$

III.2.4.2.Pratiquement :

a. Aérage principal :

Les conditions naturelles atmosphériques (température, pression,...) peuvent être à l'origine de l'écoulement de l'air entre deux points de la mine. Ce qui constitue une source de ventilation naturelle de la mine.

Mais pour le cas de Chaabet-El-Hamra l'aérage des travaux souterrains est réalisé artificiellement à l'aide d'un ventilateur aspirant de **type 1300 HDM** (**Figure II.10**), installé au jour à la tête du puits de retour d'air.

L'air frais passe par le Travers Bancs , plan incliné, puis galerie principale d'accès aux différents profils puis retourne par la galerie de sortie des profils puis le travers bancs et enfin le puits de retour d'air comme le montre le schéma ci-après (**Figure II.12**).



Figure III.12. Ventilateur aspirant de Chaabet El Hamra

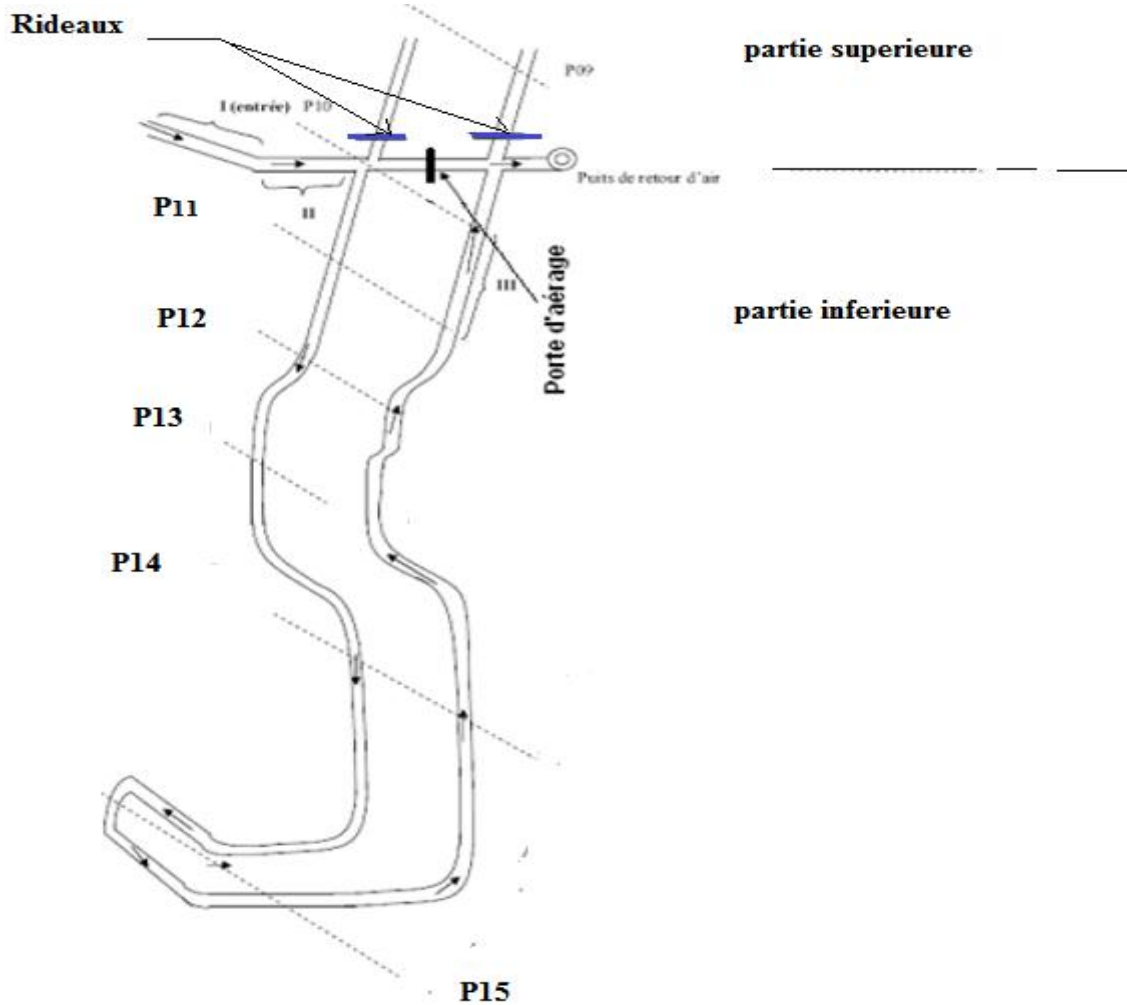


Figure III.13. Aérage principale (la mine de Chaabet El- hamra)

b. Aérage secondaire :

L'aérage de chaque bloc d'exploitation est assuré par des ventilateurs secondaires en système d'aérage combiné c.-à-d. refoulement d'air frais vers le front de taille et aspiration de l'air vicié de ce dernier.

L'air frais baigne le front de taille à partir de la galerie N°1, l'air vicié est aspiré puis refoulé vers la galerie N°1.

Pour éviter le mélange de l'air frais avec de l'air vicié, on installe au milieu des galeries de jonction une cloison au niveau des blocs précédent.

La mine est équipée de 12 ventilateurs secondaires de type CVM5, CVM6, 24KVK pour assurer la ventilation des chantiers.

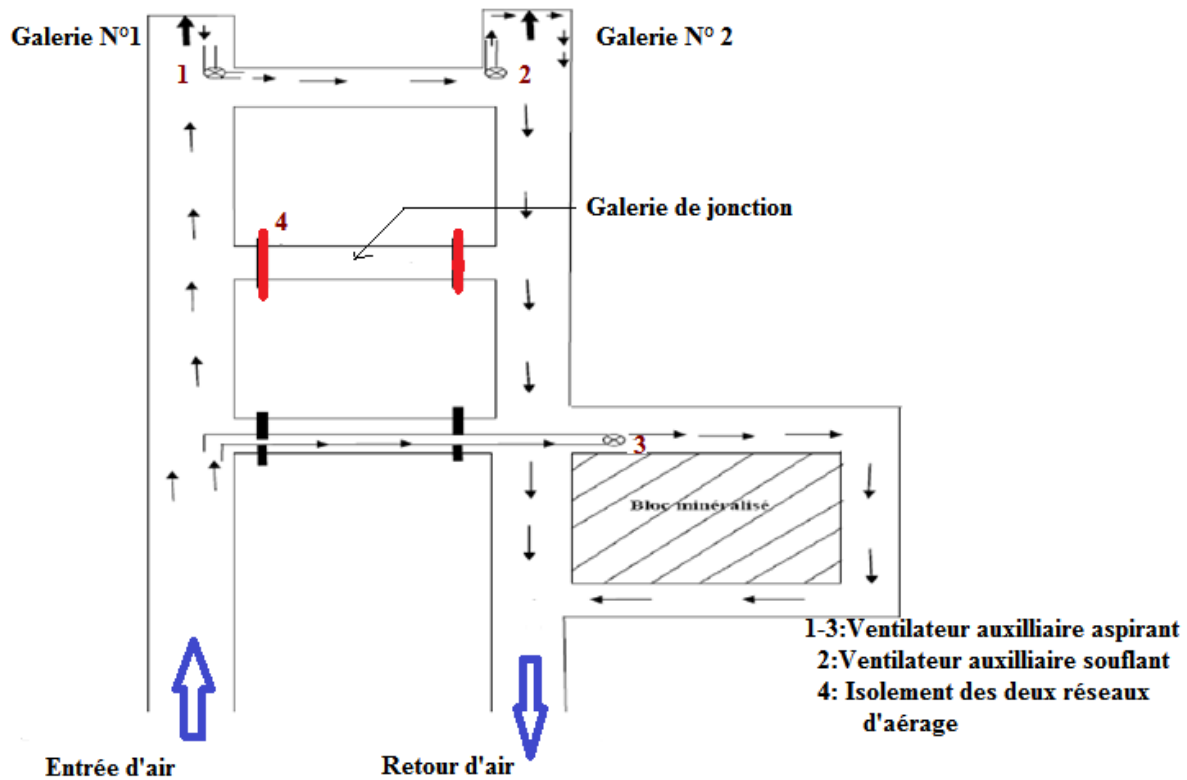


Figure III.14. Schéma d'aérage secondaire de la mine.

c. Calcule la quantité d'air nécessaire:

➤ Débit d'air nécessaire pour le personnel (Q_{per}) :

Suivant le plus grand nombre de personnes susceptible de se trouver en même temps dans le fond de la mine :

$$Q_{per} = N * N_{pe} * K_r \quad [m^3/min]$$

Où :

N : est la norme de la quantité d'air nécessaire pour un travailleur ($n=3$ m³/minutes ; 0.05 m³/seconde) ;

N_{pe} : le plus grand nombre de personnes qui se trouvent en même temps dans les ouvrages miniers souterrains.

K_r : coefficient de réserve pour ventilateur aspirant $K_r= 1,2$

A.N :

$$Q_{per} = 3 * 13 * 1,2 = 47 \text{ m}^3/\text{min}$$

➤ **Débit d'air nécessaire pour L'extraction (Q_{ex}) :**

D'après l'extraction journalière moyenne :

$$Q_{ex} = ae * V$$

Si $Mt \geq 1200$ t/j donc : $ae = 0.01 * 60$

Si $Mt < 1200$ t/j donc : $ae = 0.014 * 60$

V : quantité de l'extraction= 303 t/j

A.N :

$$Q_{ex} = 0,014 * 60 * 303 = 255 \text{ m}^3/\text{min}$$

➤ **Débit d'air nécessaire pour puissance de moteur (Q_{mot}) :**

La quantité nécessaire est calculée selon la consommation d'air des engins à partir de la formule suivante :

$$Q_{mot} = N_p * g \quad [\text{m}^3/\text{min}]$$

Où :

NP : Le nombre total des engins diesel.

g : La norme de consommation d'air par un engin, (pour 1CV (diesel)) : $g = 5$ m³/min

On a deux camions de 86 kwat (117cv); et une pelle de 64 Kwat (87 chevaux)

Donc : $(2*117) + (1*87) = 321cv$

$$Q_{mot} = 321 * 5 = 1605 \text{ m}^3/min$$

➤ **Débit d'air nécessaire pour la consommation d'explosif (Q_t) :**

$$Q_t = 2,33 * \frac{\sqrt{Q * S^2 * L_{ex} * b * K_n}}{t_v} \quad [m^3/min]$$

Si on prendre :

t_v : Temps de ventilation = 60 mn

Q_{ex} : Quantité d'explosif totale utilisé pendant un cycle de creusement (9 kg).

S : Section de l'excavation : 10 m²

L_{ex} : Longueur de l'excavation : 300 m

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

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

$$Q_t = \frac{2,33}{60} * (9 * 100 * 300 * 40 * 0,6)^{0,5} = 98,85 \text{ m}^3/min$$

➤ **Le débit d'air total:**

$$Q_{tot} = Q_{per} + Q_{ex} + Q_{mot} + Q_t$$

$$Q_{total} = 47 + 255 + 1605 + 98,85 = 2005,85 \text{ m}^3/min$$

III.2.5.L'éclairage :

Un mauvais éclairage entraîne une fatigue de l'œil, une fatigue qui se présente sur l'état générale du travailleur. Maux de tête, vertige. ce qui entraîne plusieurs d'accidents. Pour cette raison on exige un bon éclairage sur tout la surface de travail.

L'amélioration de l'éclairage électrique dans les travaux miniers entraîne l'accroissement de la travail et de la quantité du produit fabriqué , il a été montré qu' on bon éclairage peut augmenter la production de 10 à 30%.

Généralement il y a deux types d'éclairage :

- L'éclairage naturel
- L'éclairage artificiel.

A la mine de Chaabet El Hamra l'éclairage souterrain électrique est présent dans les voies d'accès principales (Travers-banc et le Plan incliné), et il est alimentée par un réseau électrique en provenance de la centrale électrique d'Ain-Azel, de tension d'arrivée de 30 KV.

Dans les autres zones, l'éclairage est obtenu au moyen de lampes individuelles à accumulateurs et des lampes au chapeau : l'accumulateur, placé dans une enveloppe de métal ou de matière plastique est porté à la ceinture, et relié par un câble souple à un petit projecteur de bakélite qui se fixe au casque et qui contient une ampoule principale et une ampoule auxiliaire. La lampe doit être rechargée après chaque poste de marche.

Donc en matière d'éclairage, il est nécessaire et obligatoire de mettre des hublots séparés l'un de l'autre conformément aux normes de sécurité, dans les différentes galeries principales de roulage et de ventilation. En effet l'utilisation de néons est recommandée par rapport à celle des ampoules car elle permet une consommation d'énergie moindre.

D'autre part aussi on peut distinguer :

Eclairage fixe

L'éclairage des mines souterraines se fait par des hublots branchés sur le réseau, les travaux souterrains qui doivent être éclairés sont les suivants :

- Les recettes.
- Les salles des machines électriques, les ateliers de réparation, les garages des locotracteurs, les infirmeries et les dépôts d'explosif.
- Les tailles d'abattage et de traçage ;
- Les galeries de roulage par locotracteurs électriques et de transport par convoyeurs.
- Les passages pour le personnel.

Les hublots utilisent des ampoules de 60 à 100 watts et selon la nature des travaux souterrains ils sont séparés l'un de l'autre comme suit :

- Dans les tailles d'abattage et de traçage entre 4 et 6 m
- Dans les voies de roulages entre 6 à 10 m
- Dans tous les autres cas de roulage mécanisé de 12 à 20 m
- Dans les recettes 2 à 3 m
- Les salles de 2 à 3 m

Toutes les autres galeries de la recette servant au roulage de 4 à 6 m.

Pour l'éclairage souterrain il est interdit d'utiliser un courant au-dessus de 127 V, on peut utiliser dans les recettes et les salles un courant de 220 V à conditions que les hublots soient suspendus à une hauteur de 2,5 m.

Les hublots sont constitués essentiellement d'un corps métallique, d'un globe de protection en verre et d'une grille protectrice fixée sur une bague réunie par un dispositif spécial au corps du hublot, Entre le corps et le verre se trouve un joint en caoutchouc, le globe est serré

contre le corps au moyen d'une vis située à la partie inférieure de la grille, le hublot est suspendu par un crochet.

Eclairage avec lampes portatives.

Il se fait par des lampes à accumulateur au chapeau. La lampe est munie de crochets afin d'être fixée au casque, elle est reliée à une batterie grâce à un câble souple, la batterie comporte des crochets afin que le mineur puisse la porter à la ceinture, après chaque fin de post de travail la batterie doit être rechargée.

Chapitre IV :

Technologie d'exploitation

Introduction :







Le mode d'exploitation souterraine est utilisé pour les gisements en profondeur, c'est-à-dire pour les minéralisations se trouvant à plus d'une dizaine de mètres de profondeur.

Par exploitation souterraine on entend l'ensemble des procédés techniques et technologiques conduisant, en sécurité et avec effet économique, l'extraction des minerais utiles du sous-sol par creusement de différents ouvrages souterrains et au jour.

L'exploitation souterraine est caractérisé par :

- Le microclimat spécifique.
- L'espace réduite.
- La profondeur importante.
- La pression de terrain multilatérale.
- Le possible répercussion d'impact de déplacement des roches de surface.
- La Mécanisation lourde encombrante et de faible rendement.

Dans ce chapitre (**Technologie d'exploitation de GMU**) on va traiter les différentes étapes suivantes :

-  **Rappelle sur le mode d'ouverture de du gisement Chaabet El-Hamra .**
-  **Travaux d'infrastructures.**
-  **Travaux préparatoires.**
-  **Travaux d'exploitation.**
-  **Travaux d'abattage.**
-  **L'organisation et la Sécurité des travaux .**

IV .1.Rappel sur le mode d'ouverture de la partie supérieure du gisement Chaabet El-Hamra :

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 :

IV .1.1.Tranchées d'accès et descenderie :

La profondeur de la minéralisation est comprise entre 100 m et 160 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(**Figure IV .1**),

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 .

➤ **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'aéragé et de secours à la descenderie, suivant le profil X.(**Figure IV .2**).

➤ **Puits d'aéragé et de secours :**

Ce puits a une section de 9,60 m² de profondeur de 117 m dont 10 m de puisards, et se trouve être entièrement bétonné, partant du niveau 960 et débouchant au jour à la côte 1066,74 (**Figure IV .3**)

Le projet d'exploitation des réserves de Chaâbet-El-Hamra retenu par l'ENOF n'a pris en considération que les réserves situées entre les profils 0 et 15 pour les raisons suivantes :

➤ Entre les profils 16 et 24, il existe un secteur d'environ 800 m de longueur à

l'intérieur duquel les corps minéralisés sont absents ou présentent des teneurs et des épaisseurs insuffisantes pour justifier leur exploitation (figure de distribution des teneurs des corps de minerai) ; sachant que la teneur limite d'exploitation la plus minimale choisie est de 3%.

Au-delà du profil 15, les données hydrogéologiques sont plus contraignantes.

➤ La partie du gisement située entre les profils 15 et 31 plonge vers le NO avec un angle plus prononcé que la moyenne (approximativement 15°). Cette particularité causera de plus grandes difficultés d'ouverture et d'exploitation.



Figure IV.1. La descenderie de la mine de CHaabet El-hamra



Figure IV .2. Travers-banc



Figure IV .3. Puits d'aérage et de secours (la mine de CHaabet El-hamra)

Lors du creusement du puits d'aération, 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 :

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.

Une Partie Inférieure, du profil 10 au profil 15 :

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

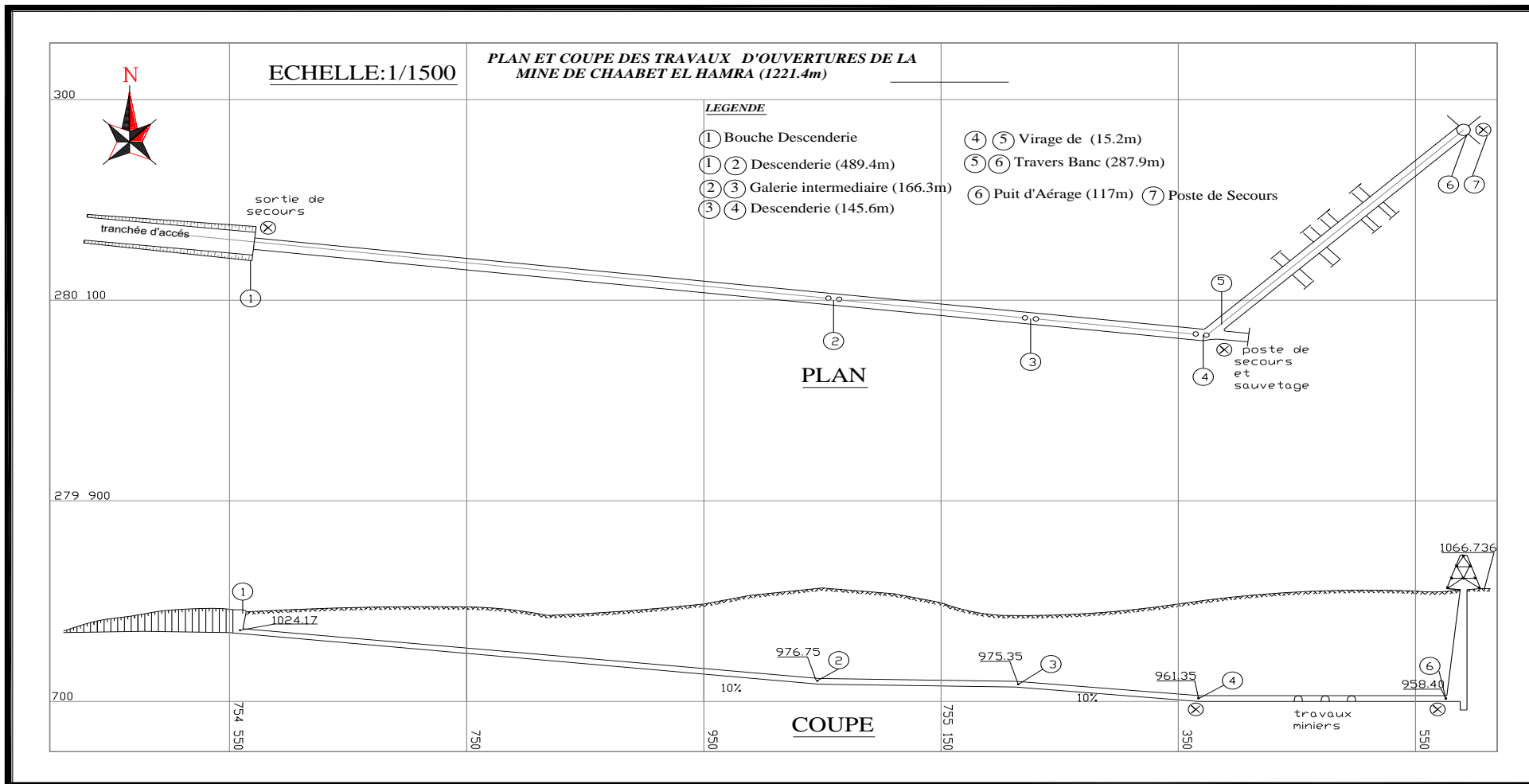


Figure IV .4: plan et coupe des travaux d'ouvertures de la mine de Chaabet El- Hamra

IV .1.2.Travaux d'infrastructures :

Les travaux d'infrastructure consistent à creuser deux galeries parallèles d'une section moyenne de 10 m² à partir des travaux existants pour atteindre le profil 15. Elles sont destinées pour l'aération et le roulage.

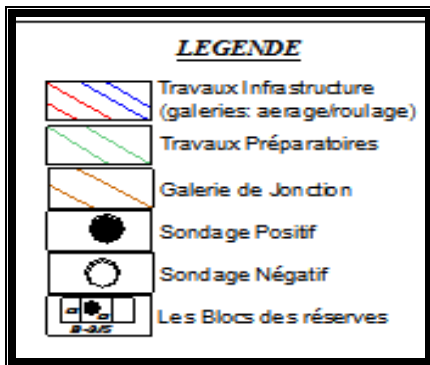
L'ossature générale de la partie inférieure jusqu'au profil 15 nécessitera la réalisation d'un réseau de travaux d'infrastructure de 1020 m.

Le tracé des galeries d'infrastructure a été conçu d'une part avec une pente maximale de 15 % et d'autres parts en réduisant au maximum les coudes qui constituent des pertes de charges néfastes à la ventilation des chantiers.

Les voies d'infrastructures seront creusées au mur de la minéralisation, et sont reliées entre elles tous les 50 m dans le souci d'assurer une bonne ventilation pendant la période de creusement.

D'après les coupes géologiques qui ont été faites sur différentes couches, les galeries d'aération et de roulage qui seront creusées sont présentées dans la figure ci-dessous :

Ou ;



- Les caractéristiques des deux galeries de roulage et d’aérage sont les mêmes, et sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV.1. Caractéristiques des travaux d'infrastructures

Tronçon	Jusqu’au P12		P12-P13		P13-P14		P14-P15		TOTAL
	Minerai	stérile	Minerai	stérile	Minerai	stérile	minerai	stérile	
Longueur (m)	90	70	150	80	140	40	/	450	1020
Pente (%)	14		14		13		10		
Galerie jonc.	/		2 x 15		3 x 15		4 x 15		

En interprétant les données des galeries qui seront creusées :

- Le creusement sera entamé par deux voies de galeries principales à partir de la zone où les travaux ont été arrêtés (bloc B 3-4-5-/6) pour passer au profil 12. Cela nécessite le creusement de puits d’une longueur globale de 160 m avec une pente de 14 % et dont 90 m traverse la minéralisation du bloc cité.

- Pour passer au profil 13, les galeries traversent le bloc B 3-4-5-/6, puis le mur du premier bloc du profil 13 (B4-5-6/7) en faisant 150 m dans les limites des deux blocs, et 80 m dans le stérile qui les sépare, tout en gardant la même pente (14%). Les deux voies de galeries sont reliées avec deux galeries de jonction de 15 m de longueur.

- De la même manière, pour passer au profil 14, on creuse 180 m de galerie,

dont 140 m seront tracés dans les limites des blocs B 4-5-6/7 et B 3/6 (premier bloc du profil 14) avec une pente de 3%, et 3 galeries de jonction d'une longueur globale de 45 m.

- Le dernier tronçon des travaux d'infrastructure consistera à accéder aux blocs du profil 15, avec un détour dans une stérile pour réduire les pentes des galeries. Les blocs seront atteints après le traçage à partir du bloc B 3/6 (profil 14) de 450 m de galeries dans le stérile avec une pente de 10% et de 4 galeries de jonction d'une longueur totale de 60 m, pour atteindre enfin le bloc B 4/2 (profil 15).

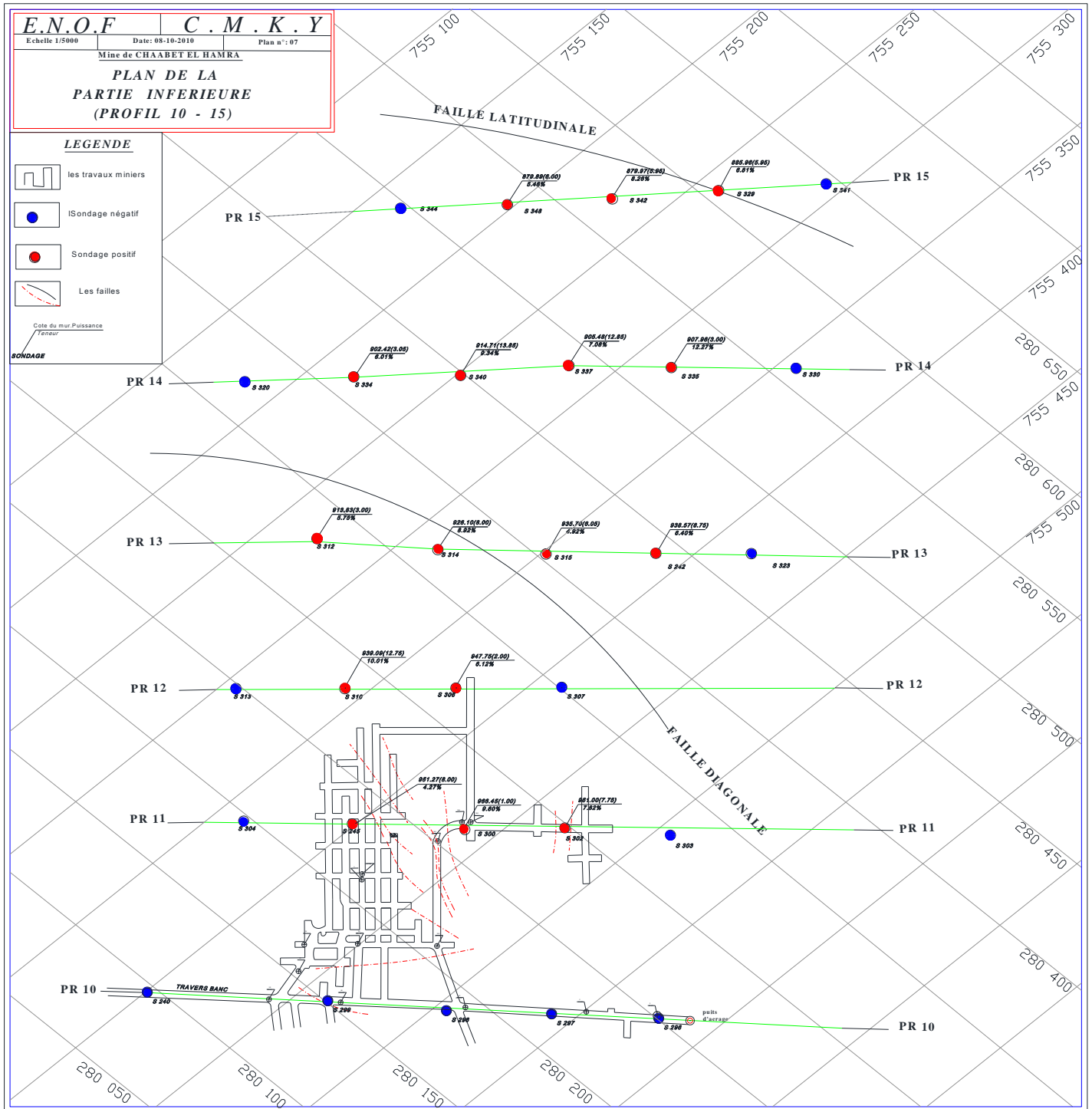


Figure IV.06 : plan de la partie inférieure

IV .1.2.1.Mode de creusement des travaux d'infrastructure :

a. Technologie des travaux de tir :

La foration est réalisée à l'aide de marteaux perforateurs de type (Montabret T-21) 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.

❖ Plan de tir

Le schéma du plan de tir varie d'une zone à une autre; et d'un front à un autre selon les caractéristiques des roches. Par conséquence, le nombre des trous n'est pas fixe, ainsi que la consommation d'explosif correspondante. Mais généralement le plan du tir comprend :

- **Trous de bouchon** : se sont les trous les plus proches du centre du front, leurs nombre varie entre 3 et 6. Ce sont les premiers qui sont amorcés pour créer une surface libre pour les trous suivants.

- **Trous d'abattage** : Entre 4 et 8 trous, ces trous suivent et entourent les trous de bouchon, leurs amorçage vient juste après l'amorçage des trous de bouchon

- **Trous de contour** : les trous qui sont forés à la périphérique du front ; se sont les derniers qui sont amorcés.

Le schéma du plan de tir, le nombre de trous et la charge spécifique des explosifs sont définis par une technique comprise dans l'étape suivante (travaux d'exploitation).

- **Le tir** : On introduit soigneusement la cartouche amorce au fond du trou, puis les cartouches à l'aide d'un bourroir. Une fois cette opération est terminée, les trous seront bourrés, les amorces connectées et le tir s'effectuera à l'aide d'un explodeur approprié à partir d'un lieu sûr.

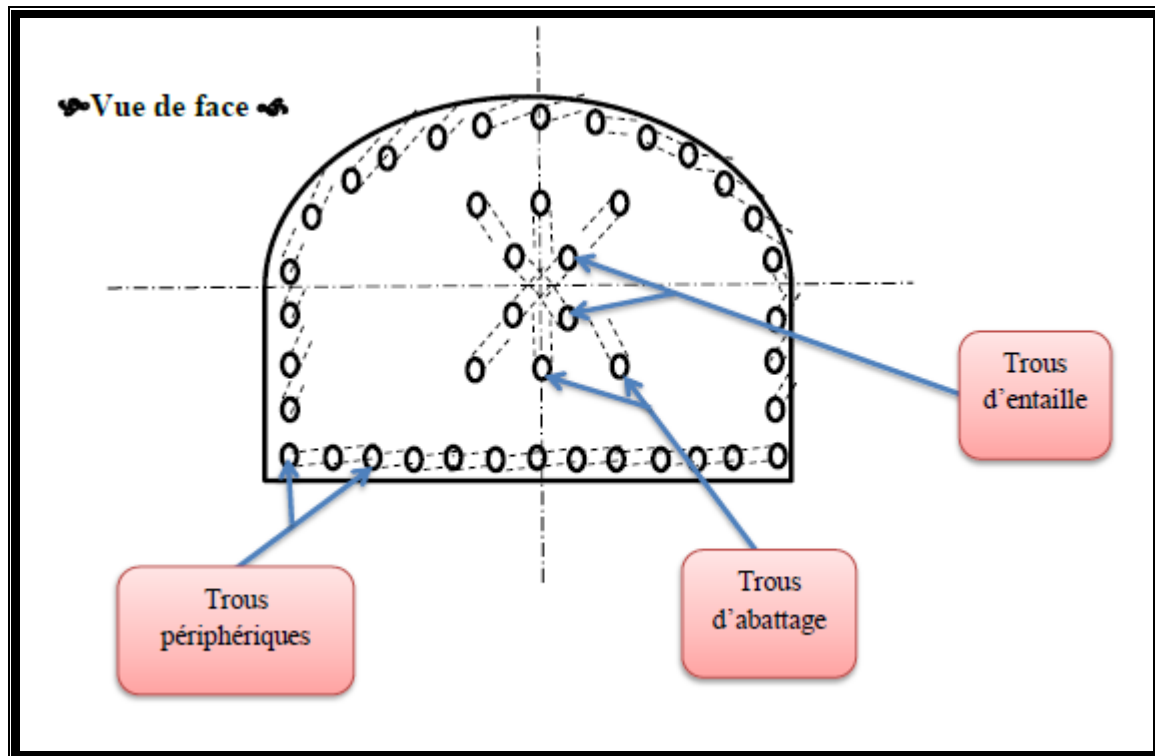


Figure IV .7. Schéma du plan de tir dans les roches dures en souterraines

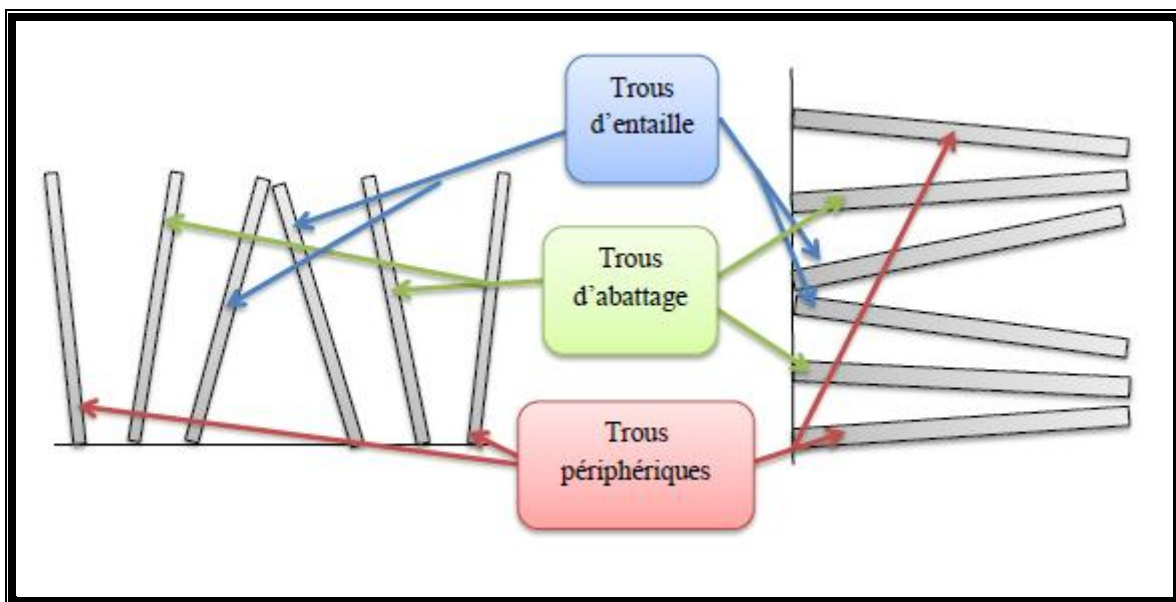


Figure IV .8. vue de dessous et Vue de profil

b. Chargement et transport :

Le chargement des roches abattues se fait par pelle transporteuse du type CTX4 dont la capacité du godet est de 4 tonnes. Le transport du minerai au jour se fait par camion navette dont la capacité de la benne est de 15 tonnes



Figure IV .09 : Chargeur Type CTX4 de capacité de godet de 4 tonnes.

III .1.2.2.Organisation des travaux de foration et de tir :

Le creusement des galeries s'effectuent en deux postes. Au premier poste, sont réalisées les opérations de foration et du tir et au deuxième poste les opérations de chargement et de transport.

La Consommation spécifique d'explosif lors des travaux d'abattage :

La Quantité d'explosif (Q_e) par front nécessaire est :

$$Q_e = V_a \times q_s$$

Avec :

q_s : consommation spécifique qui tient compte de la dureté de la roche à abattre .

V_a : volume abattu par tir.

La dureté du minerai Zn est de 6 selon l'échelle Mohs, on admet une consommation spécifique moyenne de **0.8kg/ m³**

Avec : **3m×3m** : section du front ;

1,8m : longueur de trou.

$$Q_e = 3 \times 3 \times 1,8 \times 0,8 = 12,96 \text{ kg.}$$

➤ **Le Nombre des trous :**

Le Nombre de trou (**Nt**) est défini comme le rapport entre la quantité d'explosif et la charge par trou Soit :

$$Nt = \frac{Qe}{E}$$

Où:

Qe : La Quantité d'explosif par front;

E : charge par trou déterminée comme suit :

$$E = \frac{K \times PC \times Lf}{Lc}$$

Avec : K : coefficient tenant du Compte degré de chargement du trou= 0,6 ;

pc : poids de la cartouche ;

Lc : longueur de la cartouche ;

Lf : longueur du trou.

Pour Le type d'explosif utilisé (la gélanit N1 de diamètre 30mm, pc= 250g , Lc = 240mm) ;

Alors :

$$E = \frac{0.6 \times 0.25 \times 1.8}{0.24} = 1.125 \text{kg}$$

Danc:

$$Nt = \frac{12.96}{1.125} = 11.52 \text{ trous} = 12 \text{ trous}$$

➤ **L'Espacement entre les trous :**

$$\text{L'Espacement entre les trous} = \sqrt{\frac{\text{section du front}}{\text{nombre du trous}}}$$

$$= \sqrt{\frac{10}{12}}$$

$$= 0.91 \text{ m}$$

➤ **La longueur de forage par volée est de :**

$$L_v = \text{le nombre des trous totaux} \times \text{longueur d'un trou} = 12 \times 1.8 = 21.6 \text{ m}$$

Sachant que le Rendement d'un foreur par mètre linéaire : **15ml/ heure**

Alors: **le temps de foration :**

$$= \frac{21.6}{15}$$

$$= 1.44 \text{ h/foreur.}$$

IV.1.3. Travaux préparatoires :

.Ces travaux consistent à préparer les blocs d'exploitation qui sont constitués de dix blocs et creusés selon la même technique et les mêmes moyens utilisées pour les travaux d'infrastructure (effectif, explosifs, f fleuret, engins,...).

Les travaux préparatoires sont des ouvrages destinés à diviser un champ miniers en blocs ou chambres d'exploitation de dimensions définis, assurer l'aérage des chantiers, la circulation du personnel et le transport des matériaux vers le front d'attaque. Ces ouvrages sont galerie de jonction et de découpage, leur creusement se fera dans le minerai.

Ces travaux auront une longueur totale de **755 m** et sont répartis comme suit :

Profils	Profil 12		Profil 13		Profil 14		Profil 15	
	Long. (m)	Pente (%)	Long. (m)	Pente (%)	Long. (m)	Pente (%)	Long. (m)	Pente (%)
Blocs								
B 3-4-5-6/6 → B 2-3/6	90	10						
B 4-5-6/7 → B 4-5/8			130	5				
B 4-5/8 → B 3-4/9			190	8				
B 3/6 → B 3-4-5-6/10					40	12		
B 3-4-5-6/10 → B3-4-5/11					75	10		
B 3-4-5/11 → B 2-3/7					40	8		
B 4/2 → B1-2 /8							100	5
B 1-2/8 → B 1/ 5							90	5

Tableau IV .02 : Répartition des travaux préparatoires par profils et par bloc.

IV .2.Travaux d'exploitation :

Le choix d'une méthode d'exploitation souterraine dépend de plusieurs facteurs suivants :

- Formes du gît (irrégularité de la veine).
- Dimension du gît (puissance, dimensions exemptées en direction et pendage).
- Conditions de gisement (limites nettes ou diffuses entre le minerai et la stérile).
- Les propriétés des minerais et des roches encaissantes (stabilité, leur caractère d'effondrement, le tassement après effondrement,....).
- La répartition de la teneur en métal dans le gît.

Et aussi les facteurs suivants :

- Sécurité des ouvrages miniers.
- Sécurité du personnel (travail).
- Meilleur rendement.
- Prix de revient minime.

IV .2.1.Classification et description de quelques méthodes de d'exploitation souterraine :

Il existe diverses méthodes pour l'exploitation des gisements souterrains. Elles ont toutes en commun le creusement de puits et de galeries d'accès au gisement et l'emploi de machines ou d'explosifs pour l'extraction du minerai.

On classe habituellement les méthodes de d'exploitation des mines métalliques en :

- Exploitation par chambres vides
- Exploitation par chambres foudroyées
- Exploitation par chambres remblayées
- Exploitation par chambres magasins

a. Méthodes d'exploitation par chambres vides :

Méthodes de dépilages dans lesquelles le vide créé par l'exploitation du minerai est

conservé sans remblayage, ni foudroyage, soit sans aucun soutènement artificiel systématiques (chambres vides proprement dites), soit au contraire avec soutènement systématique (chambres vides boisées ou charpentées).

b. Exploitation par chambres foudroyées :

Méthodes de dépilage dans lesquelles, soit le minerai, soit le stérile, soit les deux sont : foudroyés.

c. Exploitation par chambres remblayées :

Méthodes dans lesquelles le vide créé par l'exploitation du minerai est comblé par un remblai maintenant les épontes.

d. Exploitation par chambres magasins :

Méthodes de dépilage dans lesquelles une partie du minerai abattu est laissé en place pour servir de plancher de travail et dont l'autre partie est soutirée dans la mesure nécessaire à la réalisation d'un emplacement de travail de dimensions raisonnables.

Les facteurs décisifs principaux entre ces méthodes seront la puissance des blocs minéralisés, les couts de revient de la méthode et 1 facteur stabilité (sécurité).

IV .2.2. Les méthodes pratiquées au niveau de Chaabet El-Hamra :

a. La méthode de traçage et dépilage :

Cette méthode est utilisée pour les couches dont la puissance est inférieure à 5m.

Cette méthode consiste à creuser des galeries parallèles de 4 m de largeur, appelées «**Traçage**», et distantes l'une de l'autre d'environ 4 m, 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 et foudroyage des piliers résiduels (**appelés quilles**) de 2m de côté.

Les avantages de la méthode :

- On aboutit à une exploitation dont le taux de défrèvement atteint facilement 90 % en couche mince (moins de 2.5 m de puissance). On obtient 85% quand la puissance de la couche exploitée reste inférieure à 6 mètre.

- C'est une méthode d'exploitation très sûre, fiable, économique, ne nécessitant pas d'investissements considérables. Les équipements sont identiques à ceux utilisés pour les piliers abandonnés.
- Les engins utilisés dans la phase de traçage sont identiques à ceux utilisées dans la de phase dépilage.
- Le taux de fréquence des accidents survenus avec cette méthode est tout à fait comparable à celui obtenu avec les piliers abandonnés.
- Le prix de revient d'exploitation reste faible, légèrement supérieur à celui obtenu avec les piliers abandonnés. Il y a un peu de boulonnage et il faut procéder à une opération supplémentaire : le torpillage. C'est une méthode à très haute productivité.

Les inconvénients de la méthode :

- Cette méthode comme celle des piliers abandonnés ne peut pas s'utiliser à grande profondeur.
- Il faut disposer d'une maîtrise expérimentée et d'un personnel qualifié, car il faut pouvoir apprécier la stabilité d'une chambre de dépilage en fin d'exploitation.
- Nécessité de travailler avec un toit immédiat qui accepte le foudroyage.

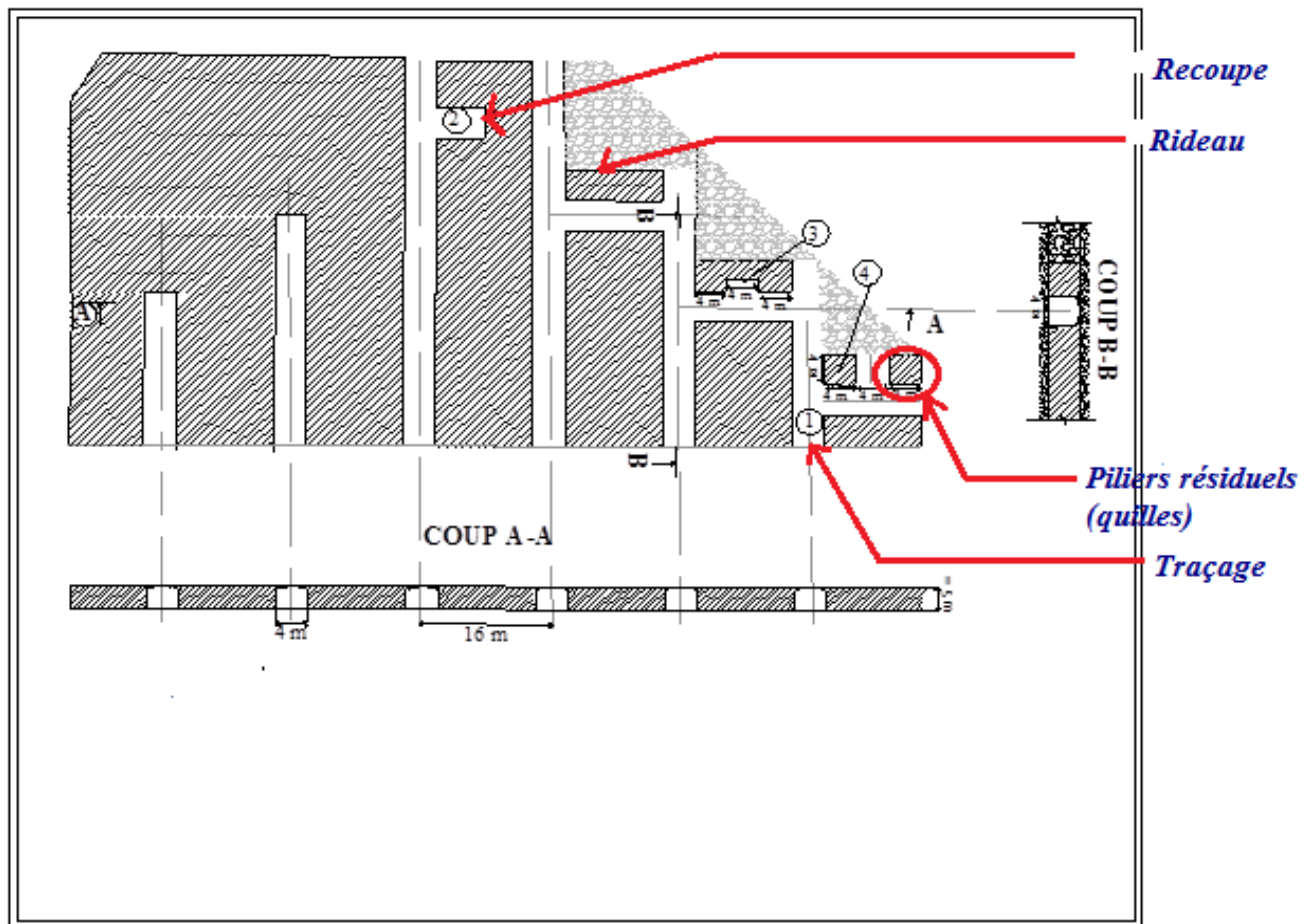


Figure IV .10. La méthode de traçage et dépilage

b.la méthode des sous-niveaux foudroyés :

Cette méthode est utilisée lorsque la puissance des couches est supérieure ou égale 05 m.

Le principe de la méthode 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) est percée une cheminée 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 d'abattage. 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 conduit de manière telle que la

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

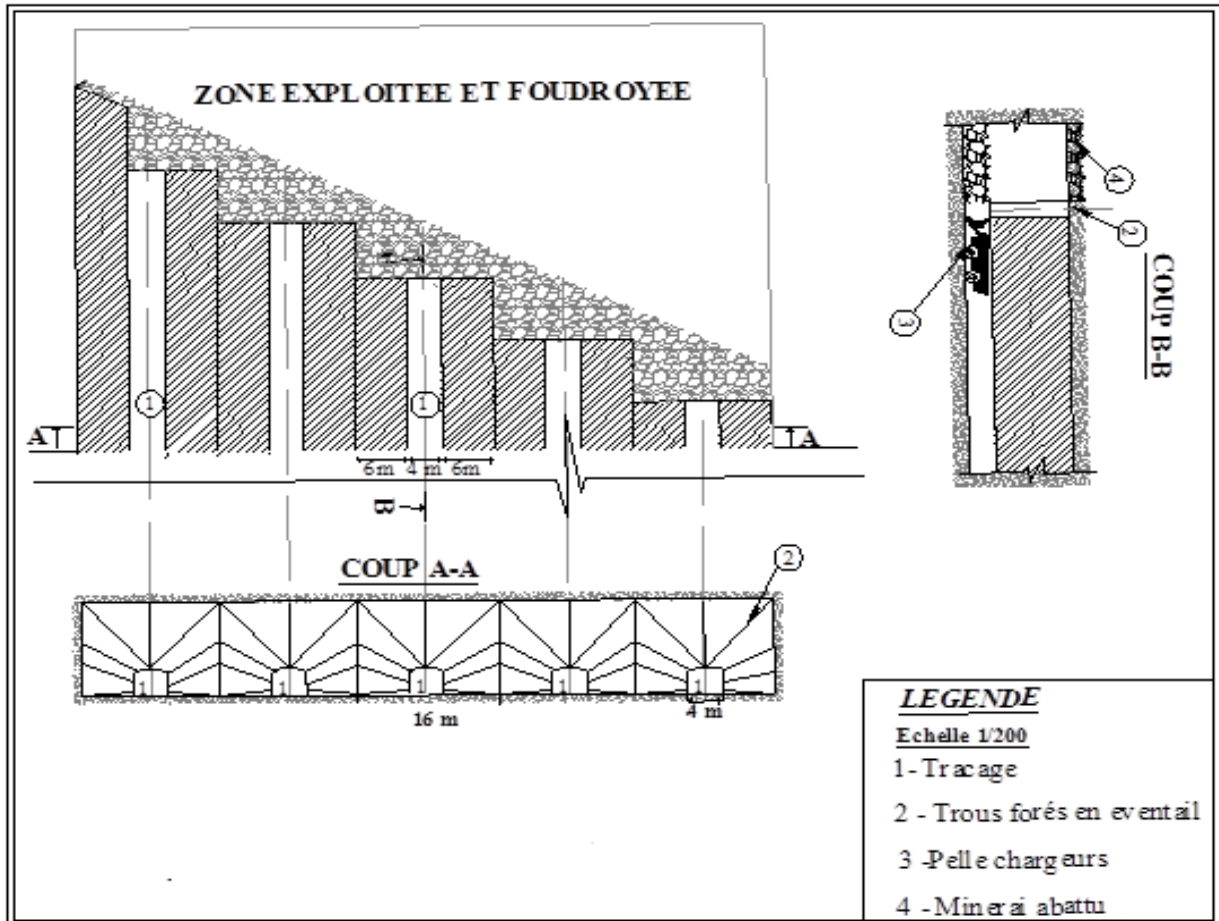


Figure IV .11. La méthode des sous - niveaux foudroyés

IV.3.Travaux d'abattage :

➤ La foration :

La foration est réalisée à l'aide de marteaux perforateurs de type (Montabert T-21) 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.

Tandis que pour les blocs ayant des puissances importantes, la foration dans le niveau supérieur est réalisée à l'aide d'une machine d'abattage permettant d'atteindre les veines supérieures des blocs et d'effectuer une foration parallèlement en éventail, ou encore verticalement, si c'est nécessaire.

➤ Le tir

Dans le cas de la mine de Chaabet- El-Hamra, on utilise de l'explosif de type **Gélanite** 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.

Après avoir achevé la foration, on procède au chargement de la volée par l'explosif.

On introduit soigneusement la cartouche amorce au fond du trou, puis les autres cartouches à l'aide d'un bourroir en bois.

Une fois cette opération terminée, les trous seront bourrés à l'aide d'une matière inerte (argile), et les amorces connectées. Le tir s'effectuera à l'aide d'un exploseur approprié à partir d'un lieu sûr.

Tableau IV .03 : Travaux infrastructures et préparatoires /ouvrages

TRAVAUX INFRASTRUCTURES ET PREPARATOIRES/ouvrages										
	DESIGNATION	objectif 2013	AO	S	O	N	D	objectif 2014	objectif 2015	
T.I	G.R	Minerai (MI)	0	0	0	0	0			
		stérile	25	25	25	10	0			
		sous total1	85	25	25	25	10	0	245	140
	G.A	Minerai (MI)	0	0	0	0	0			
	stérile	0	0	0	0	0	0			
	sous total2	0	0	0	0	0	0	331	100	
T.P	G.B	Minerai (MI)	0	0	0	5	25			
		stérile	0	0	0	0	0			
		sous total 3	30	0	0	0	5	25	335	492
	G.J	Minerai (MI)	0	0	0	10	0			
	stérile	0	0	0	0	0	0			
	sous total 4	10	0	0	0	10	0	40	40	
Total Avancement	Minerai (MI)	40	0	0	0	15	25	672	365	
(m)	stérile	85	25	25	25	10	0	279	407	
Quantité à extraire	Minerai (T)	1200	0	0	0	450	750	20160	10950	
	stérile (T)	2550	750	750	750	300	0	8370	12210	

DESIGNATION	Année 2013					Année 2014												
	AO	S	O	N	D	j	F	M	A	M	J	JJ	AO	S	OC	N	D	
T .Infrastructures	STERILE					750	600	660	1260	1500	750	1260	450	1050	1500	840	450	
T .Préparatoires				1 200	300					600	900	0	1200	1650	930	1650	600	
T .Abattage							2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	
TOTAL				300	900	1 050	2 600	2 660	3 260	3 500	3 650	3 260	3 650	4 700	4 430	4 490	3 050	
TOTAL ANNEE	1 200 t					40 300 t												

Tableau IV .04 : chronogramme détaille des travaux

IV.4.Chargement et transport :

L'opération de chargement et transport est une étape importante dans le processus d'exploitation .

L'évacuation du Tout Venant du front de taille vers une zone de stockage au jour se fait par pelle transporteuse sur une distance de 50 m environ, il s'agit d'un chargeur du type CTX4 ; dont la capacité du godet est de 4 tonnes. Le minerai est transporté dans des camions navettes de capacité de benne de 9 tonnes Au jour, à partir de la zone de stockage, le chargement du tout venant est effectué par une pelle chargeuse sur pneus d'une capacité de godet de 9 tonnes puis transporté à l'aide des camions à benne de capacité de 30 tonnes vers la laverie situé à 12km.

Dans un premier temps, le marinage sera effectué par la pelle chargeuse existante CTX4 dont le taux d'utilisation, pourrai être de 30 à 50 %.

a. Paramètres de chargement (Pelle CTX4) :

➤ Rendement par poste :

$$R_p = 3600 * E_g * K_r * K_u * (T_p / T_c) * K_f$$

Où :

$$E_g - \text{capacité du godet} = 1.3\text{m}^3.$$

$$K_r - \text{coefficient de remplissage du godet} = 0.7$$

$$K_u - \text{coefficient d'utilisation de la pelle} = 0.8$$

$$T_p - \text{durée d'un poste de travail} = 6 \text{ h}$$

$$T_c - \text{durée d'un cycle de la pelle} = 420\text{sec.}$$

$$K_f - \text{coefficient de foisonnement} = 1.2$$

Donc le rendement par poste :

$$R_p = 3600 * 1.3 * 0.7 * 0.8 * 6 / 420 * 1.2 = 31\text{m}^3.$$

$$R_p = 30 \text{ m}^3$$

➤ Rendement journalier en tonne :

$$R_j = R_p * N_p * m_v$$

$$R_p = \text{rendement de la pelle par poste } 30 \text{ m}^3/\text{p}$$

$$N_p = \text{nombre de poste par jour} = 2 \text{ p discontinus}$$

$$m_v = \text{masse volumique de la roche} = 3 \text{ t/m}^3$$

$$\text{donc : } R_j = 30 \cdot 2 \cdot 3 = 180 \text{ tonne/jour .}$$

$$R_j = 180 \text{ t/j}$$

Nombre de pelles nécessaire est de

$$N_p = P_j / R_j = 300/180 = 1.67 \text{ pelles}$$

Donc, le nombre de pelles nécessaire est 2 pelles.

b. Transport :

Le transport du tout venant à partir du front jusqu'au usine de traitement se fait en deux étapes :

1. Transport fond :

Dans un premier temps (aout 2013 – juin 2014), le transport du tout venant de front de taille vers le lieu de stockage jour sera assuré par un camion navette schopf acquis en 1994 dans un état très vétuste d'une capacité théorique de 12 tonnes.

➤ Rendement du camion existant :

$$R_{pc} = 3600 \cdot E_c \cdot T_p \cdot K_r \cdot K_u / T_c$$

E_c : capacité du camion = 12 t

T_p = 6 h

K_r = 0.7

K_u = 0.3

T_c = 2400sec

$$R_{pc} = 3600 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 0,7 \cdot 0,3 / 2400 \approx 24 \text{ T/p}$$

➤ Rendement journalier en tonne :

$$R_j = R_p \cdot N_p$$

R_p = rendement du camion par poste 24 T/p

N_p = nombre de poste par jour = 2 p discontinus

$$R_j = 24 \cdot 2 = 48 \text{ tonne/jour}$$

➤ **Rendement du camion (nouveau)**

$$R_{pc} = 3600 * E_c * T_p * K_r * K_u / T_c$$

E_c : capacité du camion = 12 t

$$T_p = 6 \text{ h}$$

$$K_r = 0.7$$

$$K_u = 0.8$$

$$T_c = 2400 \text{ sec}$$

$$R_{pc} = 3600 * 12 * 6 * 0.7 * 0.8 / 2400 = 60 \text{ T/p}$$

➤ **Rendement journalier en tonne :**

$$R_j = R_p * N_p$$

R_p = rendement du camion par poste 60T/p

N_p = nombre de poste par jour = 2 p discontinus

$$R_j = 60 * 2 = 120 \text{ tonne/jour}$$

Nombre de camions nécessaire est de

$$N_c = P_j / R_j = 300 / 120 = 2.5 \text{ camions.}$$

Donc, le nombre de camions nécessaire est de 3 camions.

2. Transport à jour :

Le transport du tout venant à partir de la plateforme de stockage située à Chaabet el Hamra sera fait par camions – à acquérir- de capacité théorique de 20 tonnes chacun.

Avec un taux de remplissage de 0.75 et taux d'utilisation de 0.8 et un temps de poste effectif de sept (07) heures, le transport journalier sera :

$$R_j = 20 * 0.75 * 7 * 1 * 0.8 = 84 \text{ t/camion}$$

Pour une production de 300t/jour

➤ **Nombre de camions nécessaire est de :**

$$N_c = P_j / R_j = 300 / 84 = 3.6 \text{ camions}$$

On prend 4 camions.

La quantité mensuelle transportée sera : $300 * 21 = 6300$ Tonnes

Et celle annuelle sera : $6300 * 11 = 69300$ Tonnes

Donc, pour transporter les 70000 Tonnes par an, on a besoin de quatre (04) camions de 20 Tonnes chacun .

Conclusion

Conclusion Générale

Le sujet que nous avons abordé dans ce travail touche aux principales phases de la vie d'une mine souterraine.

Au sein de ce projet nous avons essayé dans la mesure du possible de traiter les principales étapes à partir la première phase qui est concerné des travaux d'aménagement et l'ouverture jusqu'au transport du minerai à l'usine en passant par l'exploitation et l'extraction.

Nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

- le gisement est formé de deux corps minéralisé parallèles et divisé en deux corps (c1 et c2).
- On a bien savoir Les conditions hydrogéologiques du gisement.

- La teneur est indépendante avec l'épaisseur du gisement ; plusieurs des fois on trouve une grande épaisseur caractérisée par une baisse teneur.
- Les travaux de pompage doivent être menés sans interruption pour permettre la Continuité des travaux d'exploitation.

- Le choix de la méthode d'exploitation est lié à plusieurs facteurs : géologique, technique et économique.
 - Pour le choix de la méthode d'exploitation nous avons proposé deux méthodes ; traçage et dépilage et sous-niveaux foudroyés qui sont caractérisés par les avantages technique-économiques, sachant que Les blocs ayant des petites puissances inférieure à 5 seront exploités par la méthode de traçages et dépilage. Tandis que les blocs ayant des puissances supérieure à 5 ils seront exploités par sous-niveaux foudroyés .
- Le type de soutènement est dépende les effets qu'il a sur le comportement des terrains.
- Les travaux de développement qui durent 30 mois, permettent d'atteindre tous les blocs minéralisés du profil 10 jusqu'au quinzième.

Conclusion Générale

- Les calculs d'aérage permettent de conclure que la mine dispose d'un ventilateur qui suffit à aérer les travaux jusqu'au profil 15, malgré les grandes pertes de pression traduites par la résistance globale de lamine suivant la longueur et le profil des travaux d'infrastructure.
- La stratégie des travaux proposée permet le défilage des blocs situés dans les profils 12,13 en même temps que les travaux d'infrastructures. L'avantage principal de cette stratégie se traduit par une production de tout venant dès le début des travaux d'infrastructures.

Bibliographie

- 1) Dr. Mohamed Aguid BACHAR ASSAD Cours : Arpentage des mines.

Cours : Géométrisation, Géométrie sous
terrain
Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2012/2013
- 2) Dr .BERDOUDI Said Cours : Exploitation et machines minières.
Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 2013/2014
- 3) BOKY B. (1990). Exploitation des mines. Edition Mir, Moscou.
- 4) Applied Explosives for construction And Mining STIG Olofson.
- 5) ENOF (2003). Projet de développement de la partie inférieure du gisement de Chaabet El-Hamra situé sous le niveau hydrodynamique (Profil 10 – Profil 15).
- 6) ENOF (2006). Eau du gisement de Chaabet El-Hamra. Dossie Hydrogéologique. 10 p.
- 7) SONATRACH (1977). Carte géologique de l'Algérie au 1/50.000 : Ain Azel.
- 8) V.VIDAL ; «Exploitation des mines tome 2 » 1983.
- 9) V.VIDAL ; «Exploitation des mines tome 3 »1985.
- 10) KHENNICHE Mouloud «Méthodologie d'analyse de la stabilité des piliers d'une mine exploitée par chambres et piliers. (Cas de la mine de Chaabet -EL- Hamra) » Mémoire de fin d'études, Ecole Nationale Polytechnique, Alger, 2009.

11) Rapport géologique de la région d'Ain Azel

Meftah ; 2002

12) SIDAM (1992-1994)

Projet de l'ouverture du gisement de Chaabet El-Hamra

13 GENERALE DES MINES :

« Exploitation de la partie inférieure de Chaabet-El-HAMRA » 2008.

Sites Web :

<https://www.google.dz/search?q=les+etapes+d%27exploitation+les+mines+souterrains&noj=1&ei=ue9xU9W8H6Tj4QTVu4GgDA&start=50&sa=N&biw=1366&bih=601>

<http://www.pressesdesmines.com/index.php/le-soutenement-des-galeries-minieres.html>

<http://www.irsst.qc.ca/-projet-soutenement-des-excavations-minieres-souterraines-0095-0060.html>

<http://www.srk.co.uk/fr/service/uk-geotechnique-des-exploitations-minieres-souterraines>

<https://mining.cat.com/cda/layout?m=435165&x=11>

<http://fr.scribd.com/doc/168918328/Cours-de-mine-souterraine-doc>

http://books.google.dz/books?id=JlBiO7q_3m0C&pg=PA8&lpg=PA8&dq=les+sout%C3%A8nement+dans+les+mines+souterrains&source=bl&ots=xvsNBKCbSw&sig=iizYc1hSmrIuA5CkRdRT3ZduXJc&hl=fr&sa=X&ei=dOdxU_TPJq_b4QTr0YGwCw&ved=0CGQQ6AEwBjgK#v=onepage&q=les%20sout%C3%A8nement%20dans%20les%20mines%20souterrains&f=false

http://books.google.dz/books?id=JlBiO7q_3m0C&pg=PA8&lpg=PA8&dq=les+sout%C3%A8nement+dans+les+mines+souterrains&source=bl&ots=xvsNBKCbSw&sig=iizYc1hSmrIuA5CkRdRT3ZduXJc&hl=fr&sa=X&ei=dOdxU_TPJq_b4QTr0YGwCw&ved=0CGQQ6AEwBjgK