



Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Mines

Option : Exploitation Minière

Présenté par

OUFELLA Sara

Thème

***Projet d'exploitation de la partie souterraine
de la mine de phosphate de Bled El Hadba
(W. Tébessa)***

Soutenu le 06 / 07 /2017 devant le jury composé de :

Président : Mr. AYADEN. B

U.A.M.B

Promoteur: Mr. MAZARI. M

U.A.M.B

Examineur : Mr. AIT HABIB. Z

U.A.M.B

Année Universitaire : 2016-2017

Remerciements

Ce travail est l'aboutissement d'un long cheminement au cours duquel on a bénéficié, de l'encadrement, des encouragements et du soutien de plusieurs personnes, à qui on tient à dire profondément et sincèrement Merci.

*Nous remercions, avant tout, **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné patience, santé et volonté tout au long de notre formation.*

*Un grand merci particulièrement à **Mr MAZARI MASSOUD** pour son encadrement bénéfique et ses conseils judicieux, qui nous ont été d'une grande utilité, qu'il trouve ici, l'expression de notre profonde reconnaissance.*

Un grand merci aux nombre de jury qui ont acceptés d'évoluer ce travail :

***M. AYADEN.B** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de soutenance.*

***M.AIT HABIH.Z** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nous tenons à remercier vivement :

Tous les enseignants du département Mines et géologie de l'UAMB, qui nous ont enseignés, contribué à notre formation pendant notre parcours universitaire, ainsi, pour leur gentillesse, leur générosité et leur disponibilité, en dépit de leurs nombreuses occupations.

***Mr MAZA Mustapha**, professeur et chef de département,*

***Melle BOUCIF RIMA** qui consacrée une grande partie de son précieux temps pour nous aider et ces judicieux conseils tout au long de notre travail.*

*Les ingénieurs de CERAD, particulièrement le topographe **Mr KADER.***

Le personnel technique du complexe minier de Djebel Onk en particulier les ingénieurs de la Direction d'exploitation et de développement.

(DED).

Dédicaces

À cœur vaillant rien d'impossible. À conscience tranquille tout est accessible. Quand il y a la soif d'apprendre, tout vient à point à qui sait attendre. Quand il y a le souci de réaliser un dessein, tout devient facile pour arriver à nos fins. Malgré les obstacles qui s'opposent en dépit des difficultés qui s'interposent ; les études sont avant tout notre unique et seul atout car ils représentent la lumière de notre existence et l'étoile brillante de notre réjouissance. Je rêve d'un avenir glorieux et magique souhaitant que le fruit de mes efforts fournis jour et nuit, me mène vers le bonheur fleuri. Ces vous mes chères et chers qui m'ont appris ces règles de vie, je mets entre vos mains le fruit de longues années d'études :

À la mémoire de mon cher Père qui nous a quittés, déjà 7ans.

À toi ma chère Maman :

Merci pour ton amour et tes sacrifices tout au long de mon parcours,

Que Dieu te garde pour moi et te donne une vie pleine de santé.

À toi chère sœur Nana : (mon Père et ma deuxième Maman)

Tu m'as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leur étude. Merci Nana infiniment pour tous, tes sacrifices, tes conseils, ton soutien et ton amour.

Merci à ton mari SI Mustapha

À mes chers frères :

Djamel et Salim, je vous aime mes Héros.

À ma grande sœur NARAHIMA, son mari, ces filles et ces enfants.

À ma cousine SAKIAN, son mari et ces enfants.

À mon cousin ZIZI kiki.ca femme est petits anges.

À MAVAMS Ahmed, Merci pour tous.

À la mémoire de ma chère IMATATA

À la mémoire de mon cher grand père.

À toutes mes amies et amis qui me connaissent, qui m'aiment soit à la fac, à la cité ou hors études et toute la promo des mines.

À toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail, à tous ceux que j'ai omis de citer.

Sarah

Table des matières

Liste des figures	I
Liste des tableaux	II
Liste des abréviations	III
Introduction générale	1
Chapitre I : Description géologique du site d'étude	
Introduction	3
I.1. Aperçu sur l'origine des phosphates	3
I.2. Données prises en compte de l'entreprise	4
I.3. Situation géographique	5
I.3.1. Situation géographique régionale de Djebel Onk	5
I.3.2. Situation géographique locale de Bled El Hadba	6
I.4. Contexte géologique	8
I.4.1. Géologie régionale de Djebel Onk	8
I.4.1.1. Stratigraphie de Djebel Onk	8
I.4.1.2. Tectonique	11
I.4.2. Géologie locale du gisement de bled el Hadba (BLH)	11
I.4.2.1. Stratigraphie de gisement de Bled El Hadba	13
I.4.2.2. Tectonique du gisement de Bled El Hadba	14
I.5. Aperçu hydrogéologique.....	18
I.6. Climatologie	19
I.6.1. Température	19
I.6.2. précipitation	20
I.6.3. Humidité	20

I.6.4. Le vent	21
I.7. Réserves géologiques de BLH	22
Conclusion.....	23

Chapitre II : Méthodes d'exploitations souterraines des gisements sédimentaires

Introduction	24
II.1. Exploitation minière en souterraine.....	24
II.1.1. Travaux d'ouverture du gisement.....	24
II.1.2. Travaux de développement (préparatoire).....	25
II.1.3. Travaux d'abattage	25
II.2. L'ossature d'une mine souterraine	25
II.3. Critères de choix des méthodes d'exploitations souterraines	26
II.4. Méthodes d'exploitations souterraines des gisements sédimentaires.....	26
II.4.1. Exploitation par chambre et pilier abandonnés	27
II.4.1.1. Principe de la méthode	27
II.4.1.2. Avantages de la méthode	28
II.4.1.3. Inconvénients de la méthode	28
II.4.2. Exploitation par longue taille	29
II.4.2.1. Principe de la méthode	29
II.4.2.2. Avantages de la méthode	30
II.4.2.3. Inconvénients de la méthode	31
II.4.3. Exploitation par traçage et dépilage	31
II.4.3.1. Principe de la méthode	31

II.4.3.2. Avantages de la méthode	32
II.4.3.3. Inconvénients de la méthode	32
II.4.4. Exploitation par foudroyage des blocs	33
II.4.4.1. Principe de la méthode	33
II.4.4.2. Avantages de la méthode	33
II.4.4.3. Inconvénients de la méthode	34
II.4.5. Exploitation par tranches (chambres) remblayées	34
II.4.5.1. Principe de la méthode	34
II.4.5.2. Avantages de la méthode	35
II.4.5.3. Inconvénients de la méthode	35
II.5. Choix de la méthode d'exploitation pour le gisement de Bled El Hadba.....	36
II.5.1. Caractéristiques du gisement	36
II.5.1.1 Caractéristiques géométriques du gisement	36
II.5.1.2. Caractéristiques géologiques	37
II.5.1.3. Caractéristiques géotechniques	37
II.5.2. Méthodes qui peuvent être appliquées pour le gisement de BEH	38
Conclusion	39

Chapitre III : Processus d'exploitation souterraine de la mine de Bled El Hadba

Introduction	40
III.1. Périmètre de la partie souterraine Liste des tableaux	40
III.1.1. Limite théorique Liste des tableaux	40
III.1.1.1. Rapport de découverte	40
III.1.1.2.Epaisseur de stérile.....	41

III.1.1.3. Épaisseur totale (minerai et stérile).....	41
III.1.1.4. Altitude de la limite théorique.....	41
III.1.2. Limite réelle de l'exploitation souterraine	42
III.2. Description de la méthode d'exploitation par foudroyage des blocs de gisement de BEH.....	43
III.3. Régime du travail de la mine de Bled El Hadba	44
III.3.1. Nombre de poste par jours	44
III.3.2. Nombre de jours ouvrable par année.....	44
III.3.3. Nombre de jours ouvrable par semaine.....	44
III.4. Capacité de production projetée.....	44
III.4.1. Production journaliere	45
III.4.2. Production postière.....	45
III.4.3. Estimation des résevrés exploitables en souterrain	45
III.5. Mode d'ouverture et le dimensionnement des ouvrages.....	46
III.5.1. Dimensionnement de la galerie principale	46
III.5.1.1. Largeur de l'excavation.....	47
III.5.1.2. Hauteur de l'excavation	48
III.5.1.3. Section de l'excavation	48
III.5.2. Dimensionnement de la galerie secondaire.....	49
III.5.3. Dimensionnement des niches	49
III.5.4. Dimensionnement des panneaux.....	50
III.5.4.1. Calcul de la surface d'un panneau.....	50
III.5.4.2. Volume du panneau.....	50
III.5.4.3. Réserves de la roche minéralisée dans un panneau.....	50
III.5.4.4. Nombre de panneaux à exploiter par année	51

III.5.4.5. Avancement d'un panneau pendant une année	51
III.5.4.6. Nombre de galeries secondaires à creuser dans une année	51
III.5.4.7. Nombre de galeries secondaires à creusées dans une journée	52
III.5.5. Dimensionnement des entonnoirs	52
III.6. Choix des machines minières et leur différentes paramètres	53
III.6.1. Machines de creusement	53
III.6.1.1. Rendement postier réel de la haveuse SANDVIK type ACM10	53
III.6.1.2. Rendement journalier	53
III.6.1.3. Volume abattu par la haveuse	54
III.6.1.4. Avancement de la haveuse	54
III.6.1.5. Nombre de haveuses.....	55
III.6.2. Mchines de foration	55
III.6.3. Machines de chargement et de transport	56
III.6.3.1. Machines de chargement.....	56
III.6.3.2. Machine de transport	57
III.7. Travaux préparatoires	58
III.7.1. Détermination du diamètre du trou	59
III.7.2. Choix de type d'explosif.....	60
III.7.3. Paramètres de tire	60
III.7.3.1. Consommation spécifique d'explosif.....	60
III.7.3.2. Ligne de moindre résistance.....	62
III.7.3.3. Distance entre deux trous dans un éventail	63
III.7.3.4. Longueur minimale de bourrage	63
III.7.3.5. Distance entre deux éventails	63

III.7.3.6. Nombre de trous dans un éventail	63
III.7.3.7. Longueur totale forée dans un éventail	64
III.7.3.8. Disposition des trous dans un éventail	64
III.8. Travaux d'extraction	66
III.9. Plans d'exploitation de la mine de Bled El Hadba.....	66
Conclusion	68
Conclusion générale et recommandations.....	69

Références bibliographiques

Annexes

Listes des figures

Figure I.1. Carte de situation géographique de la région de Djebel Onk	6
Figure I.2. Carte de localisation du gisement de phosphate de Bled El Hadba	7
Figure I.3. Coupe transversale du Djebel Onk	8
Figure I.4. Colonne stratigraphique de la région de Djebel Onk (Algérie orientale).....	10
Figure I.5. Carte géologique du gisement de Bled El Hadba.....	12
Figure I.6. Lithostratigraphie du gisement de Bled El Hadba.....	14
Figure I.7. Coupe géologique à travers la ligne A-A'	15
Figure I.8. Coupe géologique à travers la ligne B-B'	15
Figure I.9. Coupe géologique à travers la ligne C-C'	16
Figure I.10. Coupe géologique à travers la ligne D-D'	16
Figure I.11. La légende des coupes	16
Figure I.12. Coupe géologique à travers la ligne E-E'	17
Figure I.13. Coupe géologique à travers la ligne F-F'	17
Figure I.14. Carte de la répartition des complexes aquifères de la zone d'étude	18
Figure I.15. Variation de la température moyenne mensuelle maximale.....	19
Figure I.16. Variation de la température moyenne mensuelle minimum.....	20
Figure I.17. Variation de la moyenne mensuelle des précipitations à la station de Saf Saf El Ouessra pour tous les mois enregistrés pendant la période de septembre 1997 à février 2014.	21
Figure I.18. L'humidité relative moyenne	21
Figure II.1. Méthode d'exploitation par chambre et plier abandonnée.....	27

Figure II.2. Principe d'exploitation par la méthode des chambres et piliers abandonnées.....	28
Figure II. 3. Méthode d'exploitation par longue taille.....	29
Figure II. 4. Schéma explique le principe de la méthode par long taille (cas de charbon)	30
Figure II.5. Principe d'exploitation par traçage et dépilage.....	32
Figure II.6. Principe de la méthode par blocs foudroyés	33
Figure II.7. Méthodes d'exploitation par chambre remblayées	35
FigureIII.1. La limite d'exploitation en souterraine.	42
Figure III.2. La topographie de la surface de Bled El Hadba en 3D	43
Figure III.3. Haveuse SANDVIK de type ACM 10.	47
Figure III.4. Model d'une haveuse dans une galerie.....	47
Figure III.5. Schéma de la galerie	48
Figure III.6. SANDVIK coupante type MA720	49
Figure III. 7. Schéma de l'entonnoir et ces dimensions	52
Figure III.8. Foreuse JOMBO, type SANDVIK DD220L	56
Figure III.9. Convoyeur blindé CAT PF6 Line pan.....	57
Figure III.10. Convoyeur à bande JOYGLOBAL	58
Figure III.11. Les trous en éventail.....	59
Figure III.12. Diamètre des trous en fonction de leurs longueurs (excavation.)	60
Figure III.13. La disposition des trous dans un entonnoir	65
Figure III.14. Plan d'exploitation de gisement de Bled El Hadba.....	67

Liste des tableaux

Tableau I.1. Historique et travaux sur les phosphates de BLH.....	4
Tableau I.2. Les coordonnées en UTM et en LAMBERT.....	7
Tableau I.3. Distribution des fréquences des directions du vent.....	22
Tableau I.4. Tableau récapitulatif des réserves du gisement par catégorie.....	22
Tableau II.1. Caractéristique géotechniques de BLH.....	37
Tableau II.2. La comparaison entre les méthodes ; foudroyage des blocs et longue taille.....	38
Tableau III.1. Caractéristiques techniques de haveuse SANDVIK de type ACM10.....	46
Tableau III.2. Caractéristiques techniques de la foreuse SANDVIK DD220L.....	56
Tableau III.3. Les caractéristiques techniques de convoyeur blindé CAT PF6 Line pan.....	57
Tableau III.4. Types d'abattage à l'explosif et les exigences d'utilisation	59

Liste des abréviations

SONAREM : Société Nationale des Recherches Minière.

EREM : Entreprise de recherche minière.

SOFREMINES/BRGM : Société Française des Recherches Minières.

E.N.FERPHOS : Entreprise Nationale de Fer et de Phosphate.

ORG : Office National des Recherches Géologiques et Minières.

ONEX : Office National des Explosifs.

CERAD : Centre d'Étude et des Recherches Aux Développement

DMT: DMT Consulting GmbH

BEH: Bled El Hadba

UTM: Universal Transverse Mercator.

Introduction générale :

L'Algérie est l'un des principaux producteurs de phosphate, ce dernier est une substance importante sur le marché, qui est la matière première dans plusieurs secteurs d'industrie, que ce soit en agriculture pour produire une gamme d'engrais, ou l'industrie des détergents, aussi pour l'usinage des métaux et dans les industries chimiques et pharmaceutiques.

Les phosphates Algériens se concentrent au Nord-Est du pays, principalement à la Wilaya de Tébessa, là où l'industrie minière est considérée comme l'un des pôles économiques du pays. Cette richesse est exploitée par la société des mines et des phosphates SOMIPHOS filiale FERPHOS qu'est concessionnaire du gisement de Djebel Onk. Ce dernier est subdivisé en cinq secteurs -Kef Essnoun, Djemi Djema, Djebel Onk Nord, Oued Betita et Bled El Hadba.

L'objet de notre étude est porté sur le gisement de Bled El hadba qui est en cours d'étude de faisabilité, dont les réserves sont importantes, ce gisement sera un atout de plus pour la production de phosphate, pour pouvoir atteindre 20 millions de tonnes par année vu ces caractéristiques favorisant à son exploitation.

Lorsque le gisement est superficiel et que les conditions géologiques et mécaniques le permettent, l'exploitation peut se faire à ciel ouvert. Dont, le choix du mode d'exploitation dépend de la valeur du rapport de découverte. Le cas de gisement de Bled El-Hadba, favorise une exploitation mixte, dont la partie souterraine était choisie comme cas d'étude. Il existe diverses méthodes pour l'exploitation des gisements souterrains. Le choix de la méthode d'exploitation se fait de manière à obtenir un débit maximal à un coût minimal, avec le moins de risque possible pour les mineurs, parfois la combinaison des deux méthodes est beaucoup plus rentable.

On s'est penché sur la proposition d'une méthode d'exploitation rationnelle afin d'atteindre la production projetée, cela après l'exploitation de la partie superficielle (à ciel ouvert).

Dans le cadre de cette étude, nous avons structuré notre travail en trois chapitres :

Le premier chapitre on fera une description de site d'étude, dans le deuxième, on présentera les méthodes d'exploitation souterraines des gisements sédimentaires suivi de choix d'une méthode adéquate d'exploitation pour le gisement de Bled El Hadba, ainsi que le processus d'exploitation concernant les ouvrages miniers, le mode de transport qui convient,

les travaux préparatoires et le travaux d'extractions, récapitulant avec une modélisation d'un plan d'exploitation de la mine de Bled El Hadba.

Au terme de cette étude une conclusion générale fera une synthèse de nos résultats, accompagnée par des recommandations qui vont faciliter la réalisation de ce projet.

Introduction

Dans ce chapitre nous allons, tout d'abord, donner un bref aperçu sur l'origine des phosphates, historiques des recherches et les travaux effectués dans la région de Bled el Hadba, pour, ensuite décrire la situation géographique, la géologie vu qu'elle est une base de tous projets miniers, qui a pour but d'étudier les parties superficielles de la terre et d'expliquer la disposition des roches retracées à travers le temps. Après nous allons présenter l'hydrogéologie et le climat de la région de Bled El Hadba ainsi que les réserves géologiques de ce gisement de phosphate.

I.1. Aperçu sur l'origine des phosphates

La région de Bir El Ater de la wilaya de Tébessa est connue par sa richesse en phosphates, ces minéraux se trouvant dans des formations d'âge géologique très différentes (ex : Cambrien, Permien, Crétacé supérieur, Éocène...) [02].

Les gisements phosphatés sont en générale des minerais d'origines ignées (magmatiques) ou des dépôts sédimentaires [03]. Le dépôt des phosphates provient de la conjonction de plusieurs phénomènes. En simplifiant : à l'Éocène inférieur, la région subit une subsidence, le climat est chaud, aride, et ne permet pas la dissolution des cadavres d'animaux ; les sédiments ainsi accumulés constituent progressivement les phosphates sédimentaires sur de grandes épaisseurs. [04].

Le dépôt des phosphates Algéro-Tunisiens s'est effectué dans une partie de la Mésogée où l'étroit bras de mer sur Tyrrhénien, s'élargissant vers le Nord et Vers le Sud, formait un golfe profondément enfoncé dans la plate-forme saharienne. Mais l'irrégularité des conditions bathymétriques, dans diverses zones de ce golfe, y a déterminé certaines différences biologiques qui se retrouvent dans la composition de la faune fossile et même dans la nature lithologique des dépôts. C'est ainsi que, dans la région axiale et dans le Nord de ce bras de mer, dominant des formations sub-bathyales à petits foraminifères, sans dépôts phosphatés importants, tandis que, plus au Sud, des formations néritiques à Nummulites renferment des niveaux importants de phosphates calcaires durs : ce sont les gisements de phosphates tendre de la région du Gafsa et du Djebel Onk. [05].

I.2. Données prises en compte de l'entreprise

Le tableau suivant résume l'historique de la recherche sur les phosphates algérien ainsi que les travaux effectués sur la région de Bled El Hadba :

Tableau I.1. Historique et travaux sur les phosphates de BLH [05], [06], [07], [08]

Année	Auteur et Compagne	Aventures et travaux
1873	Ph. Thomas	Découvert des gisements de phosphates nord-africains au sud de Boghari [05].
1910 - 1911	H. Roux et H. Douville	Réaliser les premières reconnaissances par puits et galerie [06].
1924	D. Dussert	Décrire la géologie de la zone phosphatée [06].
1941	L. Crayeux	Décrire la pétrographie des phosphates [06].
1962	R. Ranchin	Signaler la présence de quatre couches de phosphate [06].
1978	SONAREM	Réaliser des travaux de reconnaissance plus poussée sur maille de 400*900m et des tranches au niveau des affleurements [06].
1987	EREM	Réaliser des travaux de reconnaissance et resserrer la maille à 400*600m [06].
1993	BRGM	Deviser la couche de phosphate en 3 sous couches principales [07].
1999	CERAD	Adopter la classification des couches choisie par BRGM [07].
2014	ORGM	Approfondir dans les recherches de nouvelles ressources dans le but d'attendre une augmentation des réserves [08].
2016	DMT	Réalisation des études d'exploitation pluriannuelle, d'enrichissement et de faisabilité bancables de gisement de Bled El Hadba [07].

I.3. Situation géographique

I.3.1. Situation géographique régionale de Djebel Onk

La région du Djebel Onk, est située au Nord-Ouest du Sahara Algérien. Précisément, à l'Est de monts de Nemamcha, à une vingtaine de kilomètres de la frontière Algéro-Tunisienne. Elle constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Cette région appartient à la wilaya de Tébessa, elle est éloigné d'environ 100km, la localité la plus importante est la ville de Bir El Ater qui est le siège administratif de la région.

Le massif de Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya. Les altitudes les plus basses au pied du Djebel Onk sont d'environ 635m. [09]

La région de Djebel Onk est subdivisée en 5 secteurs miniers [10] :

- 1- Gisement de Djemi Djema, (Sud du massif du Djebel Onk).
- 2- Gisement de Kef Essnoun, (Sud du massif du Djebel Onk).
- 3- Gisement de Djebel Onk Nord, (Nord du centre minier de Djemi Djema).
- 4- Gisement d'Oued Betita, (Sud-Est du centre minier du Djemi Djema).
- 5- Gisement de Bled El-Hadba, (Sud-Est de Djebel Onk).

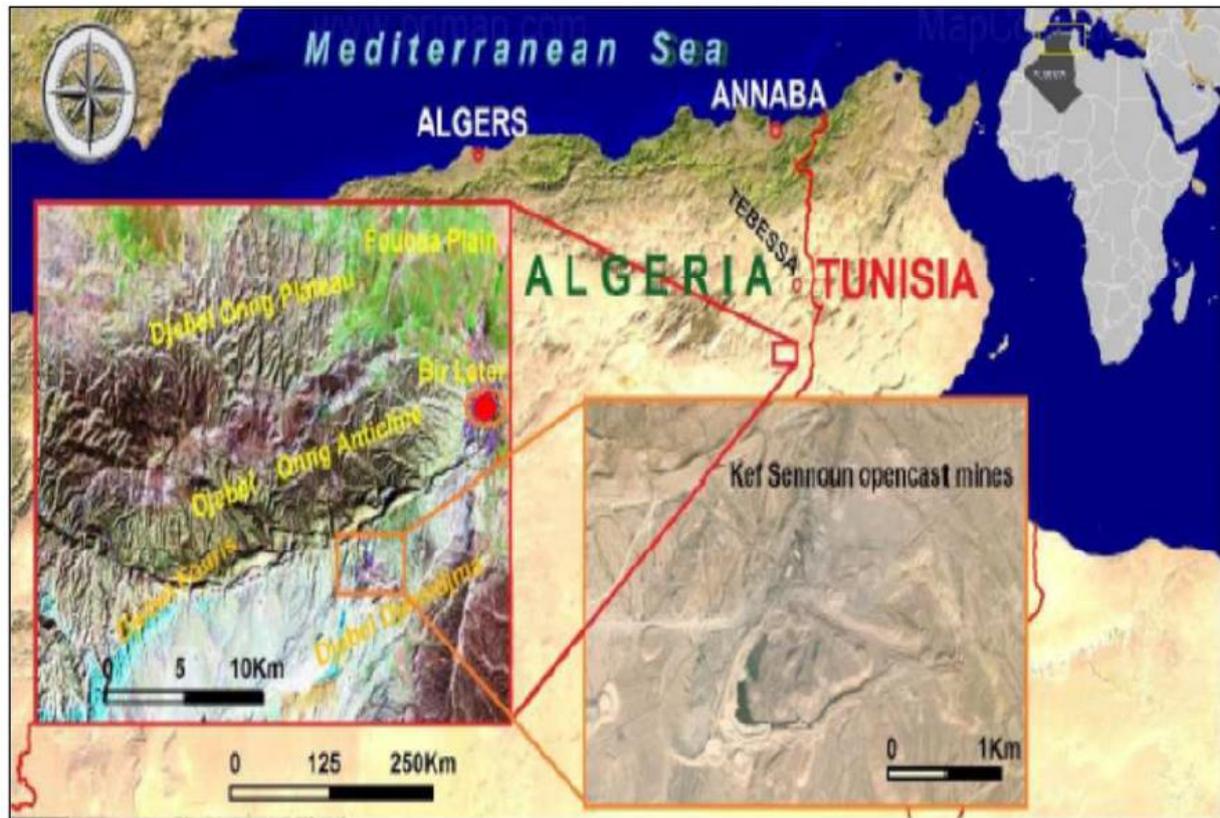


Figure I.1. Carte de situation géographique de la région de Djebel Onk [11]

I.3.2. Situation géographique locale de Bled El-Hadba

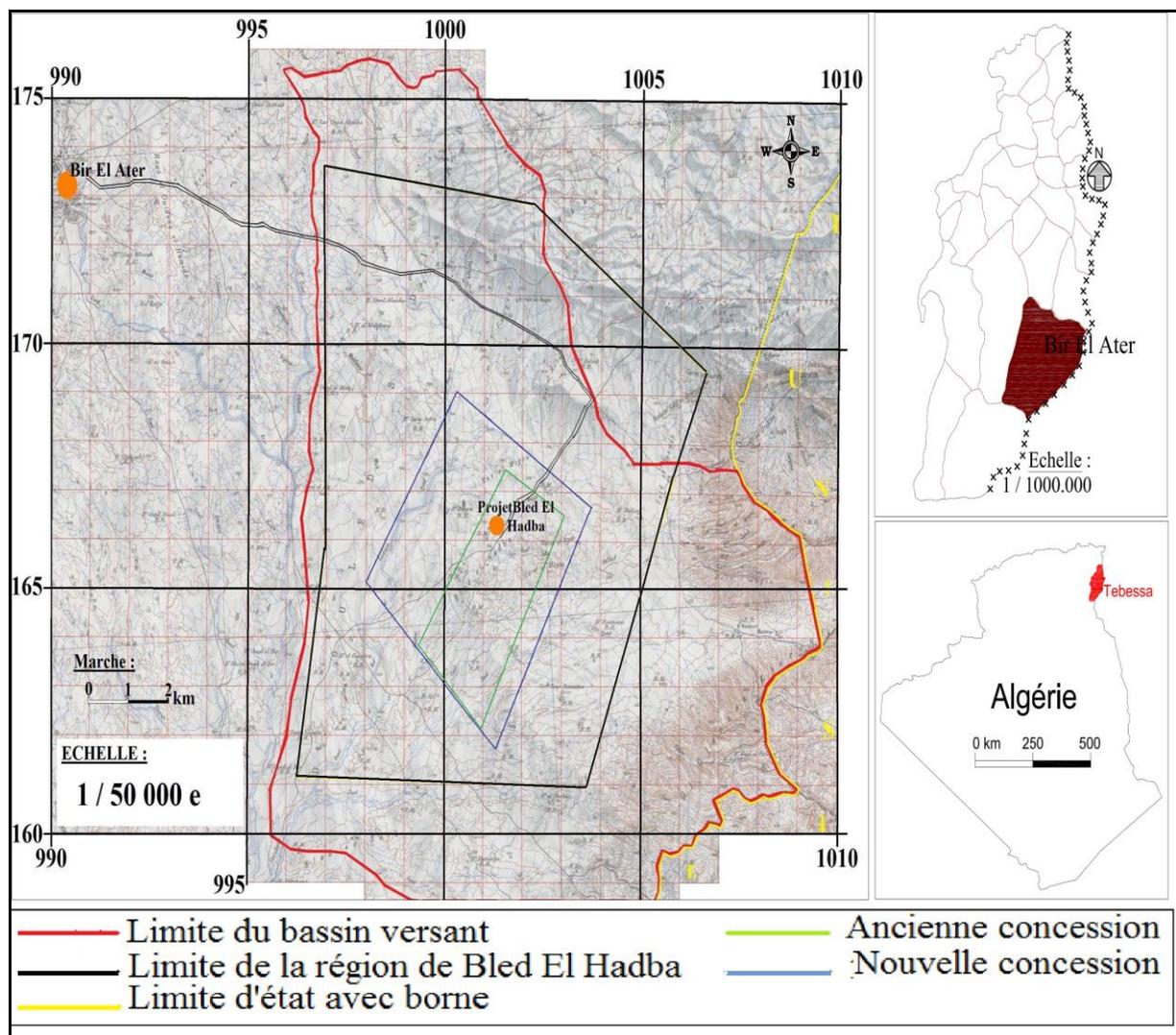
La région de BEH est administrativement rattachée à la Wilaya de Tébessa. Elle se trouve à l'extrémité Orientale de l'Atlas Saharien qui est représenté par les monts de Tébessa au Nord et ceux des Nememcha et de Negrine au Sud [08].(figureI.2)

Le relief est caractérisé par de hauts plateaux bien dégagés et disloqués de basses montagnes, de larges vallées succèdent à des massifs montagneux et à quelques chaînes isolées dont les altitudes absolues atteignant 1500 à 1600 m [08].

Le gisement potentiel de BLH est situé à environ 100 Km de la Wilaya de Tébessa, 14Km au Sud-Est de Bir El Ater, et 6 Km de la frontière Algéro-Tunisienne. Il est distant, en ligne droite, de 16Km de la carrière de Djebel Djemi Djema. [06]. Les altitudes varient entre 730 et 790m. Le secteur en question est limité par les coordonnées présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2. Les coordonnées en UTM et en LAMBERT. [12]

N d'ordre	X (UTM)	Y (UTM)	X(LAMBERT)	Y(LAMBERT)
1	421859	3833944	999250	163975
2	424342	3837335	1001510	167520
3	425769	3836312	1003000	166590
4	423357	3832149	1000860	162280

**Figure I. 2 :** Carte de localisation du gisement de phosphate de Bled El-Hadba. (Extrait de la carte topographique de Bir El Ater au 1/200 000) [13].

I.4. Contexte géologique

I.4.1. Géologie régionale de Djebel Onk

Le massif du Djebel Onk (fig. I.3) est un anticlinal asymétrique en genou, orienté N 80°. Le flanc Nord présente des pendages faibles inférieurs à 15° ; le flanc sud, au contraire plonge très rapidement et forme une falaise impressionnante, avec des dressants, dont le pendage est parfois vertical et même renversé. L'ensemble est affecté des failles et de décrochements nombreux. A 750 m au Sud du Djebel Onk, apparaît un second anticlinal : le Djebel Djemi Djema dont la structure est analogue à celle du Djebel Onk mais dont les dimensions sont plus modestes. Les deux anticlinaux sont situés en bordure de la flexure Sud atlasique zone d'affrontement entre le domaine atlasique mobile et plate-forme saharienne stable. Ils appartiennent à la branche nord de la flexure de direction Est-Ouest, qui s'étend de Khangat sidi Nadji au Djebel Onk. Leur organisation et leur géométrie résultent d'une cinématique en décrochement dextre chevauchement le long de la transversale de N°120 dont l'activation a débuté au minimum au turonien et dont le jeu s'est prolongé jusqu'au paroxysme post pliocène [14].

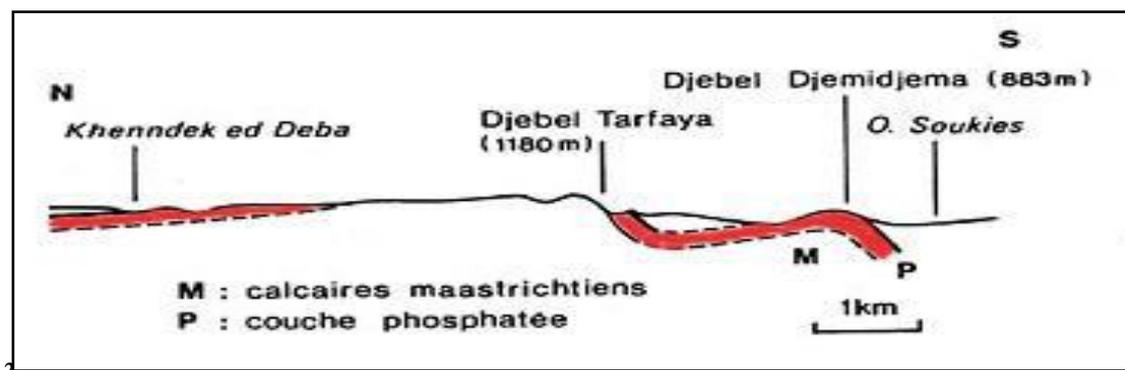


Figure I.3. Coupe transversale du Djebel Onk [14].

I.4.1.1. Stratigraphie de Djebel Onk

La série sédimentaire affleurant est exprimée par une succession stratigraphique allant du Crétacé Supérieur (Maestrichtien) à l'Eocène moyen (Lutétien), surmontée par une série sablo-argileuse continentale datée du Miocène et du Quaternaire.

1. **Crétacé** : représente les sédiments les plus anciens au cœur de l'anticlinal du Djebel Onk tectoniquement très accidentés, seuls les dépôts du Maestrichtien y affleurent [15]. Ce dernier est caractérisé par des calcaires blancs massifs avec des intercalations marneuses.
2. **Paléocène** : est représenté par des sédiments marins assez épais.
 - 2.1. **Danien** : est lithologiquement subdivisé en deux sous étages : inférieur et supérieur.

- ✓ Danien inférieur : représenté par des argiles marneuses et schisteuses avec des fibres de gypse.
 - ✓ Danien supérieur : formé d'une alternance de calcaires et marnes calcaires
- 2.2. Montien** : caractérisé par une minéralisation en Baryto-Célécitine, calcaire avec bancs à Ostrea.
- 2.3. Thanétien** : C'est l'horizon porteur de la minéralisation phosphatée principale. Il est subdivisé en deux sous étages :
- ✓ Thanétien inférieur : Représenté par des marnes schisteuses.
 - ✓ Thanétien supérieur : présente des phosphates pseudoolithiques et coprolithiques.
- 3. Eocène**
- 3.1. Yprésien**
- ✓ Yprésien inférieur : est représenté par des calcaires avec lentilles de silex et calcaire phosphaté.
 - ✓ Yprésien supérieur : est constitué par l'alternance de calcaires, calcaires dolomitiques et marnes.
- 3.2. Lutétien** : les formations de cet étage recourent en concordance les séries Yprésiens, On distingue de bas en haut :
- ✓ Lutétien inférieur : est caractérisé par des calcaires et dolomie avec géodes de quartz.
 - ✓ Lutétien supérieur : est caractérisé par la présence des gypses avec inter lits de marnes évaporites.
- 4. Miocène** : constitué par trois formations lithologiques :
- ✓ Miocène inférieur : est représenté essentiellement par des conglomérats, des sables avec des lits minces d'argile siliceuse.
 - ✓ Miocène moyen : est essentiellement argileux, parfois schisteux, avec des intercalations de sables à grains fins et moyens.
 - ✓ Miocène supérieur : une série sablo-argilo-conglomératique ;
- 5. Quaternaire** : est essentiellement représentées par des éboulis de pente, de dépôts sableux ; dépôts éoliens, des graviers et des dépôts alluviaux et fluviaux.

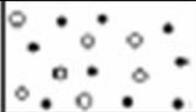
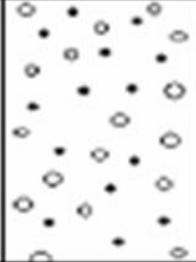
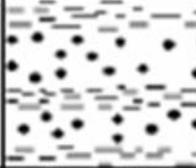
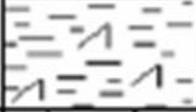
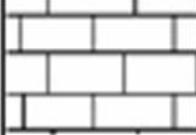
QUATERNAIRE			Eboulis et formations alluvionnaires sableuses
MIOCENE	SUP (350m)		Sables, grès à grains grossiers
	MOY (250m)		Argiles, schistes argileux de couleur marron, bronze avec intercalation de sables blancs
	INF (100m)		Sables fins blanches avec des couches de grès et argiles
LUTETIEN	SUP (100m)		Gypses avec interlits de marnes (évaporites)
	INF (40m)		Calcaires et dolomies avec géodes de quartz
YPRESIEN (70m)	SUP		Calcaires et dolomies avec silex
	INF		Calcaires avec lentilles de silex et calcaire phosphaté
THANETIEN (80m)	SUP		Phosphates pseudoolithiques, coprolithiques, gris et noirs
	INF		Marnes sombres schistifiées
MONTIEN (100m)			Minéralisation en Baryto-Célécitine Calcaires avec bancs à Ostrea
DANIEN	SUP (80m)		Alternance de calcaires et de marnes claires
	INF (35m)		Argiles noires avec fibre de gypse
MAESTRICHIEN SUPERIEUR (200 m)			Calcaires, calcaires noduleux de couleur blanche

Figure I.4. Colonne stratigraphique de la région de Djebel Onk (Algérie orientale) [16]

I.4.1.2. Tectonique [15]

La région de Djebel Onk appartient avec l'Atlas tunisien, à l'extrémité orientale de l'Atlas saharien. La série du Crétacé supérieur à Eocène du bassin de Djebel Onk- Gafsa- Métaoui est structurée en une suite d'anticlinaux et synclinaux dissymétriques, généralement faillés dans leurs flancs d'axe le plus souvent SW-NE et décrochés par des accidents transverses N 120° à N 140° E. La principale structure dans la région de Bir El Ater, est l'anticlinal de Djebel Onk, à cœur de Crétacé supérieur, allongé sur une vingtaine de Km et une largeur de 3 km. Cet anticlinal fortement asymétrique, décrit par Visse (1951) [17] comme une flexure anticlinale Post- Pliocène, présente un flanc Nord à pendage faible, inférieur à 10° supportant le glissement de Djebel Onk Nord et un flanc sud à pendage fort, parfois vertical et même renversé. Le faisceau de failles inverses N 70°E, affectant ce flanc sud détermine un comportement tectonique en dressant.

I.4.2. Géologie locale du gisement de Bled El-Hadba (BLH)

La géologie de BLH est relativement simple, la couche de phosphate et son encaissant plongent d'une façon monoclinale sous un pendage allant de 6° à 12° vers l'Ouest et le Nord-Ouest. Cette couche est de puissance moyenne de 30,4 m.

Le faisceau phosphaté du Thanétien supérieur affleure suivant une bande de direction nord-est sud-ouest, au-dessous des calcaires dolomitiques à silex de l'Yprésien et les marnes schisteuses du Thanétien inférieur. Le tout, plonge vers l'ouest et se noient sous les formations sableuses du Miocène. Vers l'est de la couche phosphatée, affleurent les marnes du Thanétien inférieur, suivies par les calcaires et marnes du Montien. En conséquence, la minéralisation phosphatée du Thanétien n'existe pas vers l'est. La bande d'affleurement de la couche phosphatée est affectée par une série de décrochements de direction E-W et NO-SE, dont la composante horizontale est nettement apparente.

L'affleurement du faisceau phosphaté et les roches encaissantes est partiel dans la partie nord du gisement vue l'importance des recouvrements Miocène ainsi que le profil d'érosion qui a engendré la discordance stratigraphique Anté-Miocène (Fig I.5).cette dernière a provoqué une érosion partielle ou bien totale du faisceau phosphaté dans la zone nord et nord-ouest du gisement .

Les phosphates de gisement de BLH sont pseudo oolitiques, à grains fins parfois très fins, tendres. Leur couleur est gris clair, gris verdâtre à jaune brunâtre.

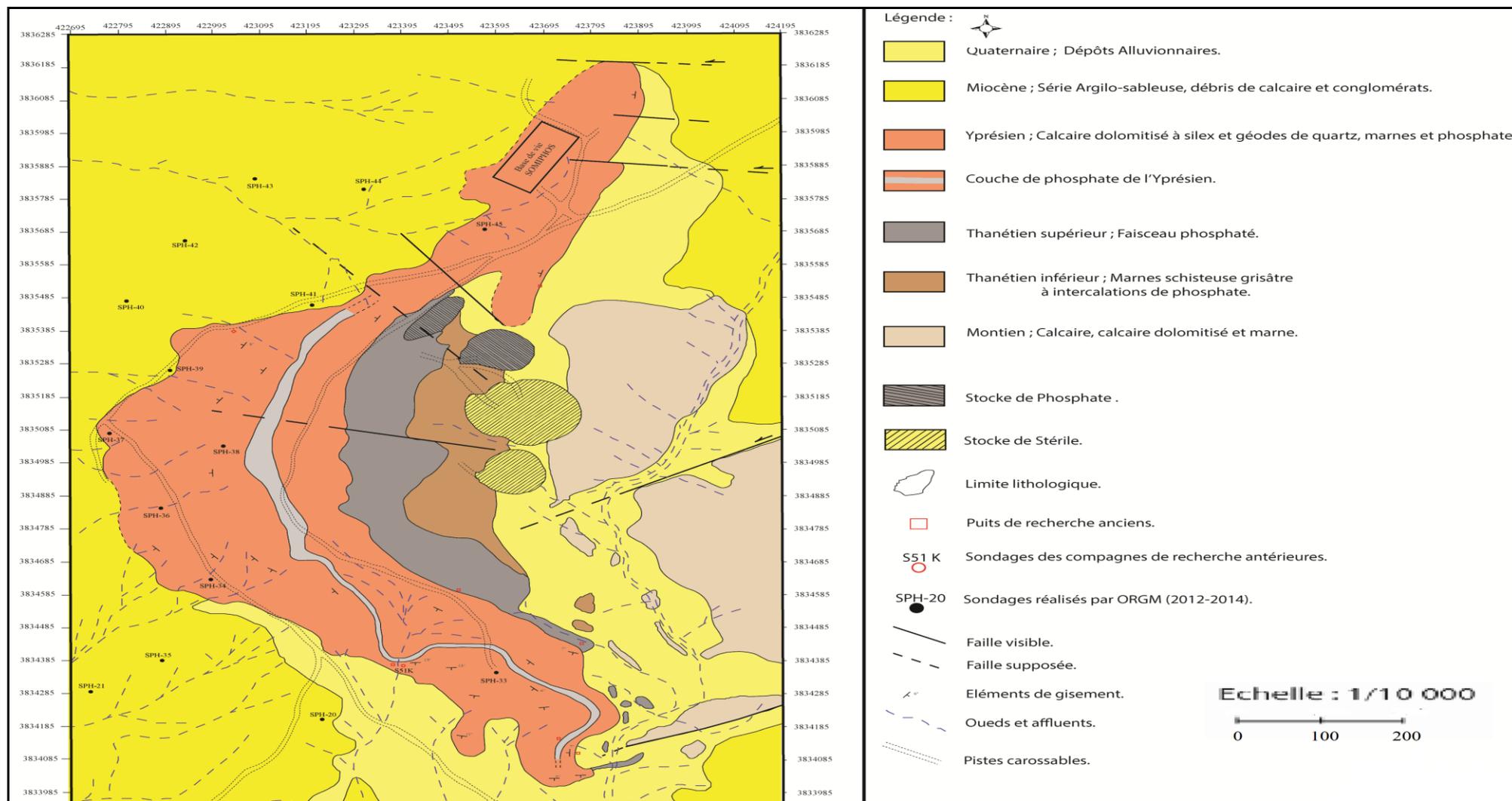


Figure I.5. Carte géologique du gisement de Bled El Hadba [08]

I.4.2.1. Stratigraphie de gisement de Bled El-Hadba

La stratigraphie du gisement de BEL (figure I.6) est superposée de l'ensemble des couches, allant du bas en haut comme suit :

i. Paléocène :

a. Montien :

Le Montien affleure au Sud-Est du gisement, à la base se trouve des calcaires silicifiés à lumachelles bioclastes ainsi que d'autres organismes fossiles. Ces calcaires sont surmontés par une série d'alternance d'argile lumachéllique, argiles calcaireux, et marnes dolomies. Ensuite vient un banc de dolomie au-dessus du quel repose des calcaires gris clairs, légèrement phosphatés. Son épaisseur peut atteindre 100 m.

b. Thanétien :

❖ Thanétien inférieur :

À sa base se trouve des marnes noires surmontées par des calcaires légèrement lumachelliques, avec des petites intercalations de phosphates de couleur marron et gris. La puissance varie de 30 à 40 m.

❖ Thanétien supérieur :

Cet étage représente la couche phosphatée caractérisée par des grains phosphatés coprolithique et pseudoolithique à ciment carbonaté, avec la présence d'oxyde de fer, débris osseux et les dents. Cette couche est subdivisée en trois sous couches qui sont : la couche basale, principale, et sommitale [06]. L'épaisseur de la couche phosphatée est d'environ 30m.

c. Yprésien :

La série du Thanétien est surmontée par une série calcaro-dolomitique à silex. Cette série d'âge Yprésien est carbonatée, marneuse, dolomitique et calcareuse. Elle est légèrement phosphatée. La série Yprésien renferme dans sa partie médiane, de minces bancs de phosphate dolomitique, intercalés par des marnes dolomitiques et de calcaires.

ii. Miocène :

Il recouvre la série précédente. Son épaisseur augmente progressivement vers l'ouest et en allant vers le Nord-ouest. La série est caractérisée par la présence de sable avec intercalation de calcaires marneux beige et des débris de dolomie.

iii. Quaternaire : est représenté par des dépôts éoliens et alluvionnaires.

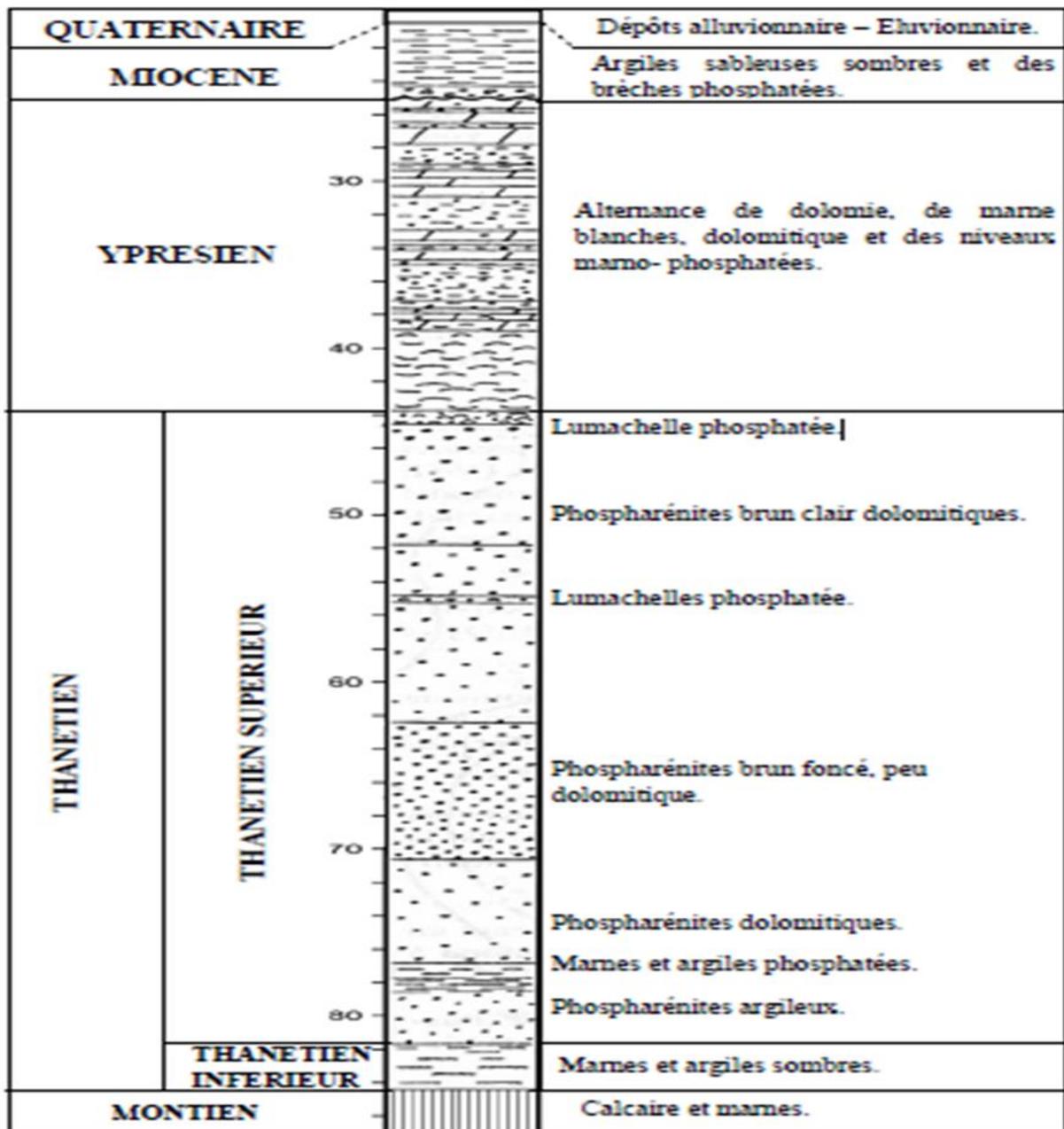


Figure I.6. Lithostratigraphie du gisement de Bled El-Hadba. [18].

I.4.2.2. Tectonique du gisement de Bled El Hadba

La zone de Bled El Hadba forme le flanc Ouest de la structure antiforme du Djebel Zerga, dont la ligne de crête forme la frontière Algéro-Tunisienne. Au cœur de Crétacé supérieur cette structure antiforme, constitue le prolongement Nord de la structure de Djebel M'rata en Tunisie. Dont la série phosphatée de Bled El Hadba se situe sur son flanc Ouest.

La structure géologique de l'ensemble du gisement est simple puisque la série Paléocène - Eocène et Miocène se présente sous forme monoclinale à pendage variant de 5 à 15°, lié au flanc Ouest de Djebel Zerga vers le Nord-Ouest.

La zone de Bled El-Hadba est affectée par une série de failles et décrochements horizontaux orientés NW-SE. Ces décrochements sont visibles cartographiquement, mais ils n'entraînent pas de modifications importantes de la géométrie de la couche du phosphate [06].

Les coupes géologiques tracées à travers le gisement de Bled El Hadba (Fig.I.7 à I.13) montrent que le faisceau phosphaté se présente sous forme d'une bande d'affleurement orientée NE - SW. Cette couche phosphatée s'enfonce vers l'ouest sous les calcaires de l'Yprésien et les sables Miocènes. Le pendage varie de 5 à 15°.

La totalité de faisceau phosphaté montre la superposition de trois sous-couches (sommitale, principale et basale). Ces coupes ont permis de mettre en évidence la variabilité de l'épaisseur et l'extension latérale des sous-couches dans le gisement.

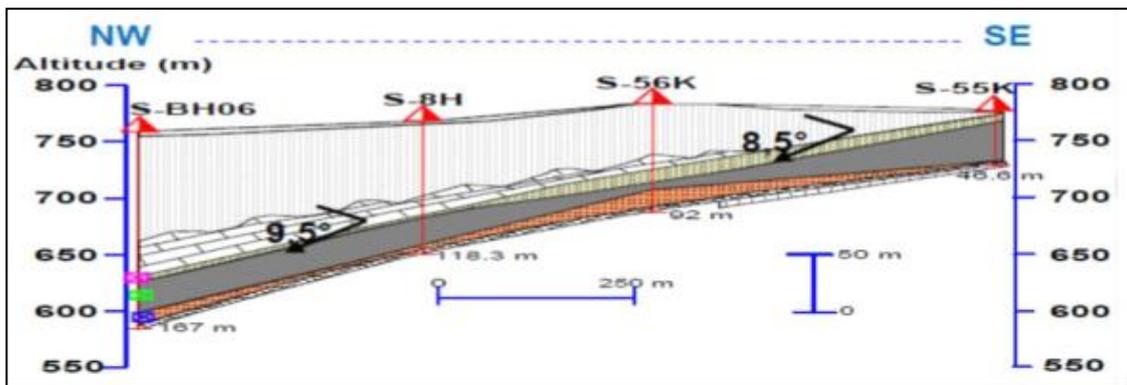


Figure. I.7. Coupe géologique à travers la ligne A-A' (Annexe 1. Voir légende fig11) [19]

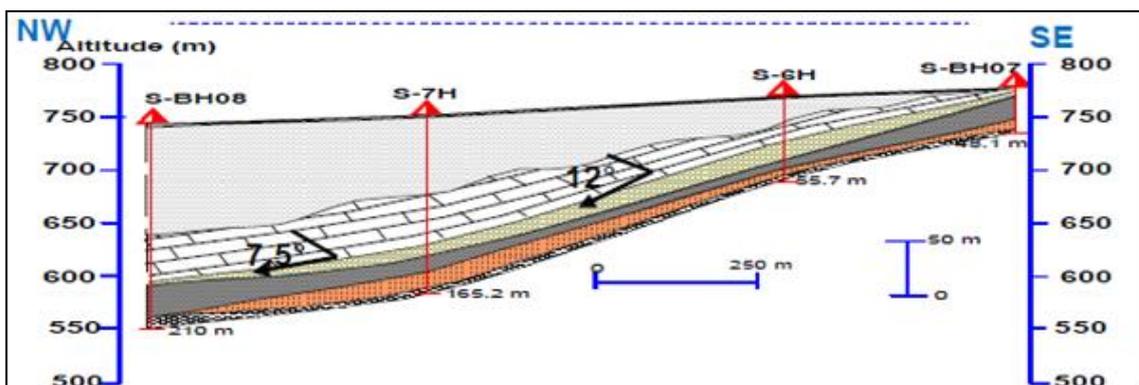


Figure I.8. Coupe géologique à travers la ligne B-B' (Annexe 1. Voir légende fig11) [19]

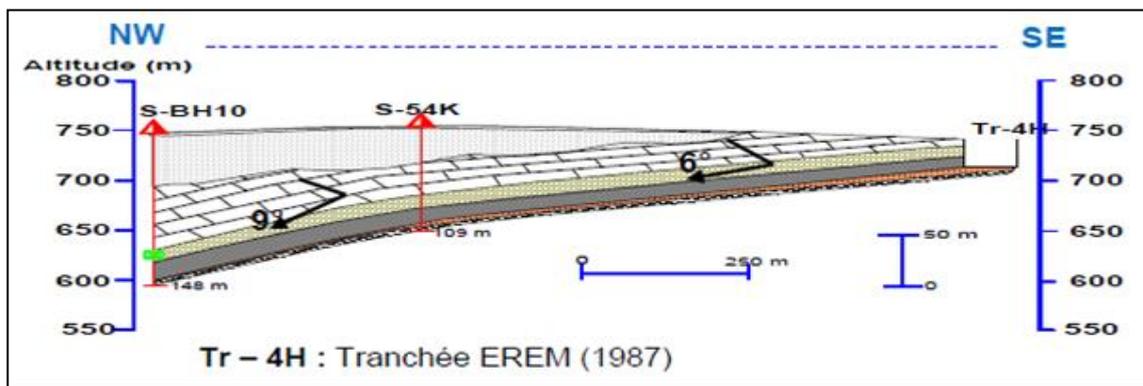


Figure I.9. Coupe géologique à travers la ligne C-C' (Annexe 01. Voir légende fig11) [19]

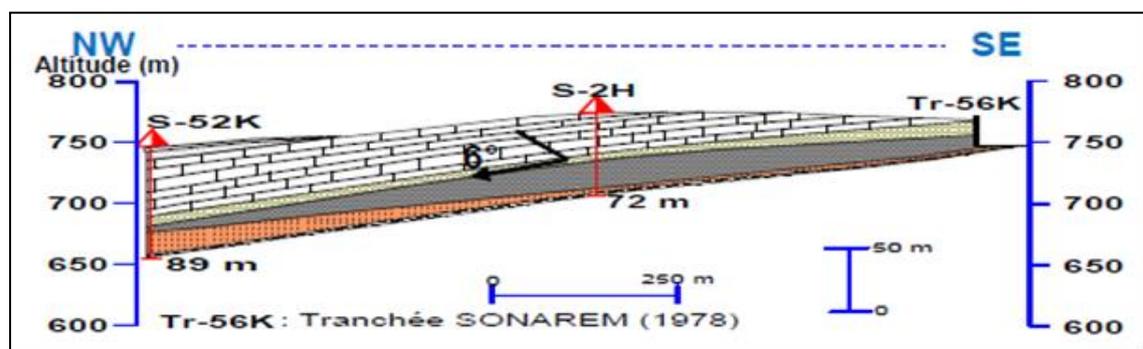


Figure I.10. Coupe géologique à travers la ligne D-D' (Annexe 1. Voir légende fig11) [19]

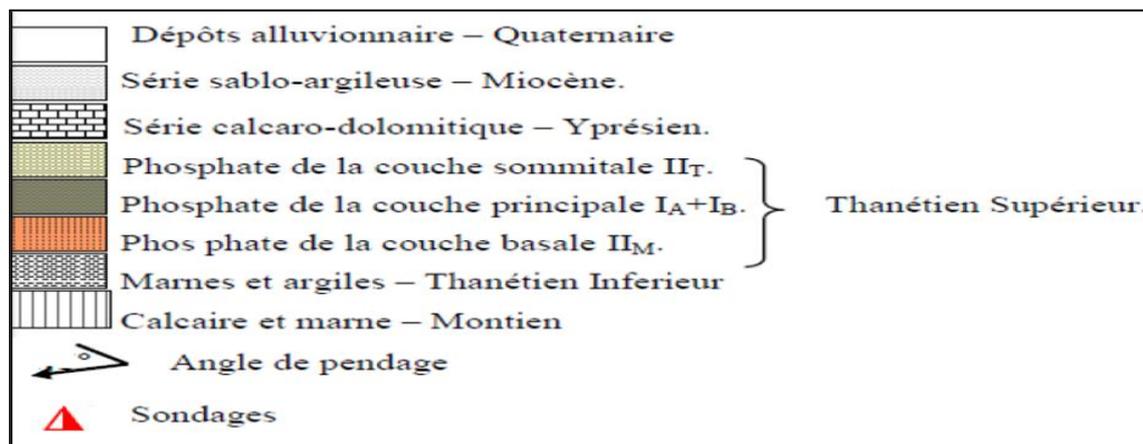


Figure I.11. La légende des coupes [19]

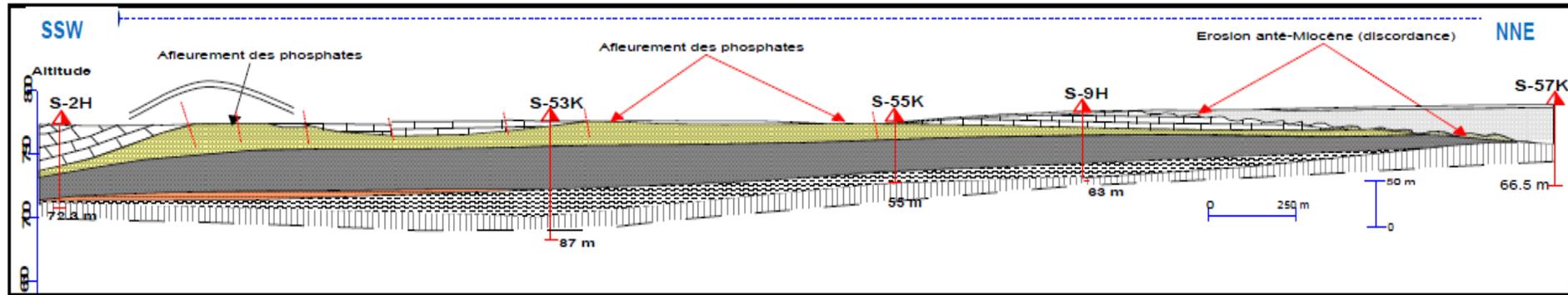


Figure I.12. Coupe géologique à travers la ligne E-E' (annexe 1. Voir légende fig11) [19]

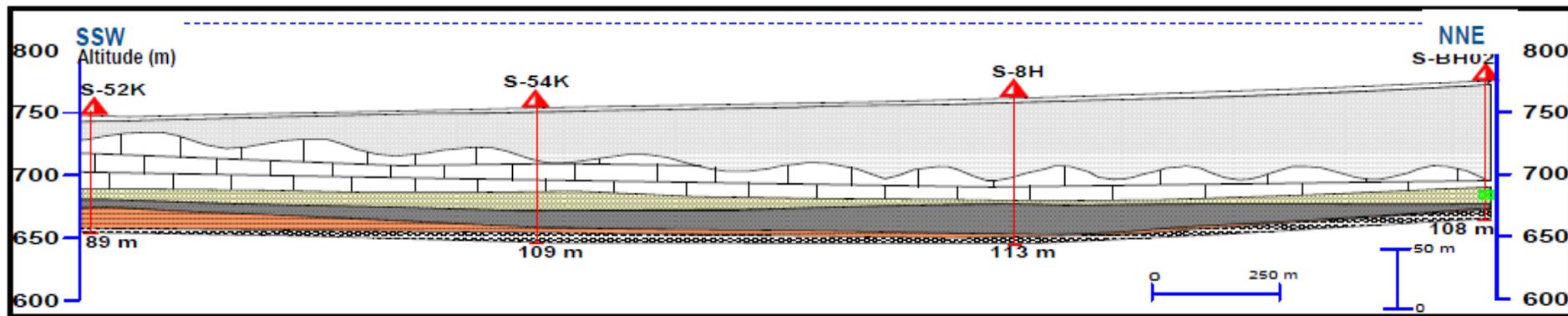


Figure I.13. Coupe géologique à travers la ligne F-F' (annexe 1. Voir légende fig11) [19]

I.5. Aperçu hydrogéologique

L'étude hydrogéologique de la nappe d'El-Hadba est à priori une nécessité à suivre afin d'apercevoir les zones étant favorables à exploitées et que le sous-sol reste une réserve connue par sa vaste répartition des eaux emmagasinées exploitables et qui nous garanties, si c'est possible, d'exploité le gisement en souterrain sans aucun risque.

La région d'étude appartient à la zone extérieure du bassin artésien Algéro–tunisien. Dans les limites de cette zone, on distingue une multitude de petites structures hydrogéologiques ayant les sources d'alimentation locales. Les sources des nappes plus profondes peuvent être bien éloignées au Nord. Compte tenu des données actuelles, on peut distinguer les complexes aquifères suivants :

- Complexe aquifère du Quaternaire.
- Complexe aquifère du Miocène.
- Complexe aquifère de l'Eocène.
- Complexe aquifère du Paléocène.
- Complexe aquifère du Crétacé supérieur.

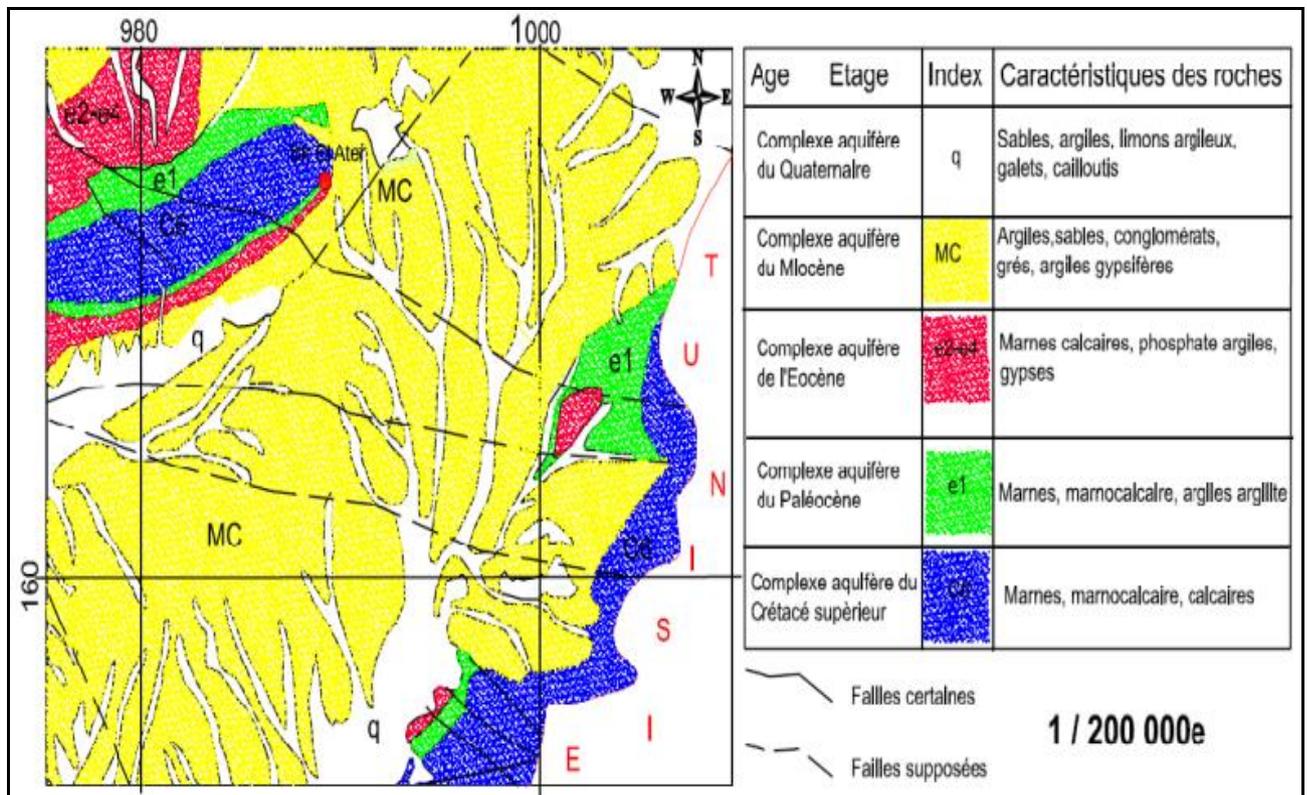


Figure I.14. Carte de la répartition des complexes aquifères de la zone d'étude [20]

I.6. Climatologie

La région de Djebel Onk présente un climat semi-aride (Tébessa) à Sub-aride (Negrine).

I.6.1. Température [07]

Les données de température enregistrées sur la station Saf Saf El Ouessra couvre la période d'avril 1992 à mars 2012 et indique des valeurs maximales, minimales et des valeurs moyennes mensuelles.

Les températures extrêmes enregistrées sont les suivantes :

- ✓ -6.2 °C en février 1996 ;
- ✓ 45,8 °C en août 1993.

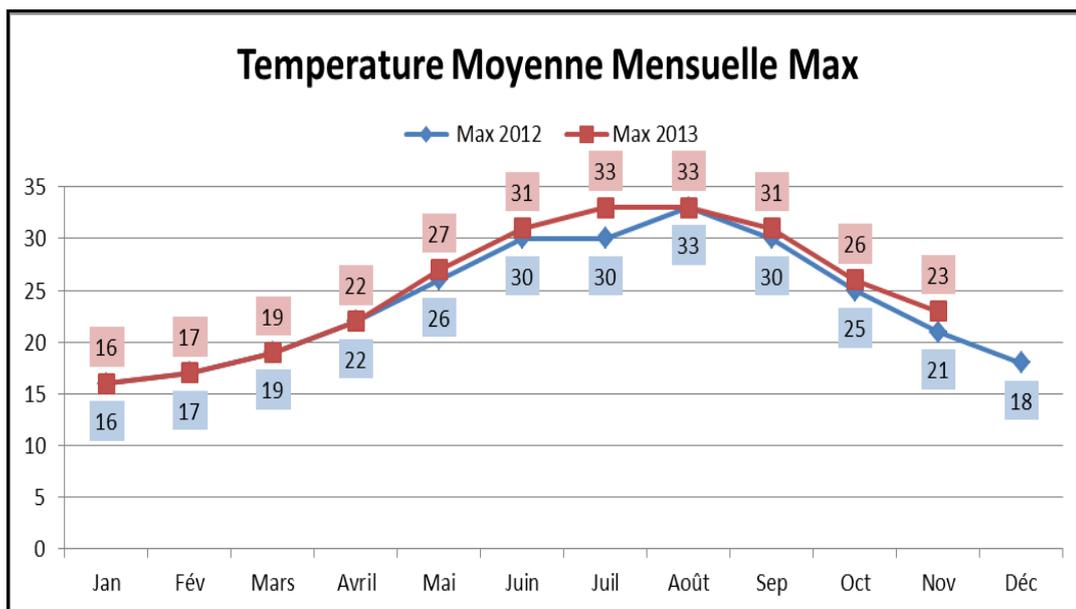


Figure I.15. Variation de la température moyenne mensuelle maximale [07]

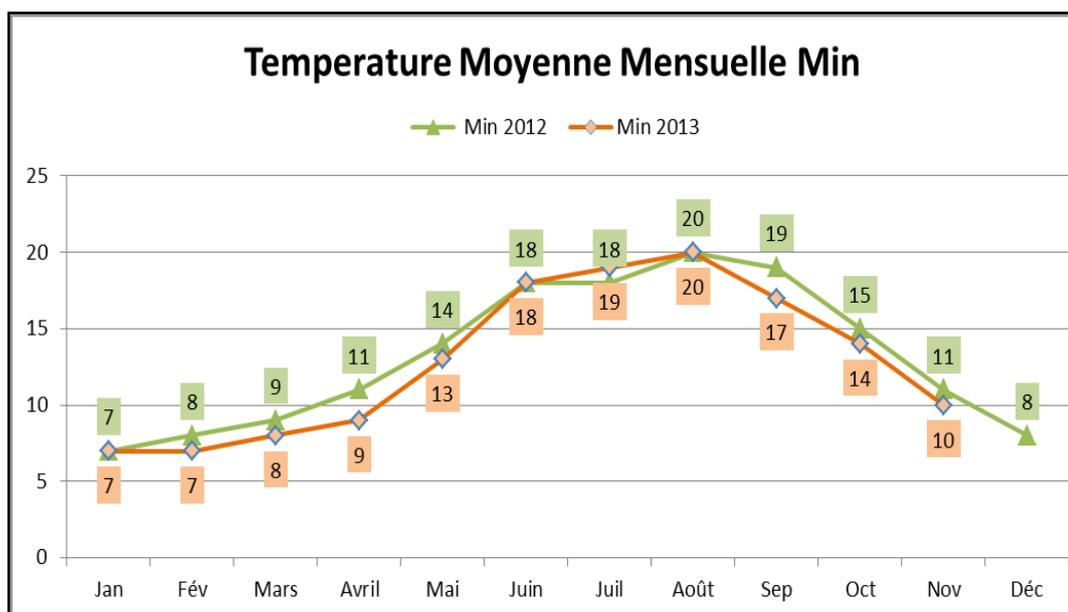


Figure I.16. Variation de la température moyenne mensuelle minimum [07]

I.6.2. Précipitation

Le total des précipitations varie considérablement d'une année à l'autre. La moyenne des précipitations mensuelles (FigI.17) montre clairement un maximum pour le mois de septembre avec 30,1 mm et un déclin continu jusqu'à 7,5 mm en février. Par la suite, les taux de précipitations mensuelles augmentent au printemps pour retomber à des valeurs très faibles pendant les mois de juillet (7,2 mm) et d'août (11,6 mm). L'orage fréquent durant le mois d'août et septembre [07].

I.6.3. Humidité

Toute au long de l'année, le taux de l'humidité est élevé vu qu'il se situe entre 40% et 75% [16]. Les valeurs maximales d'humidité de l'air sont obtenues en hiver et la minimale en été. (Fig I.18)

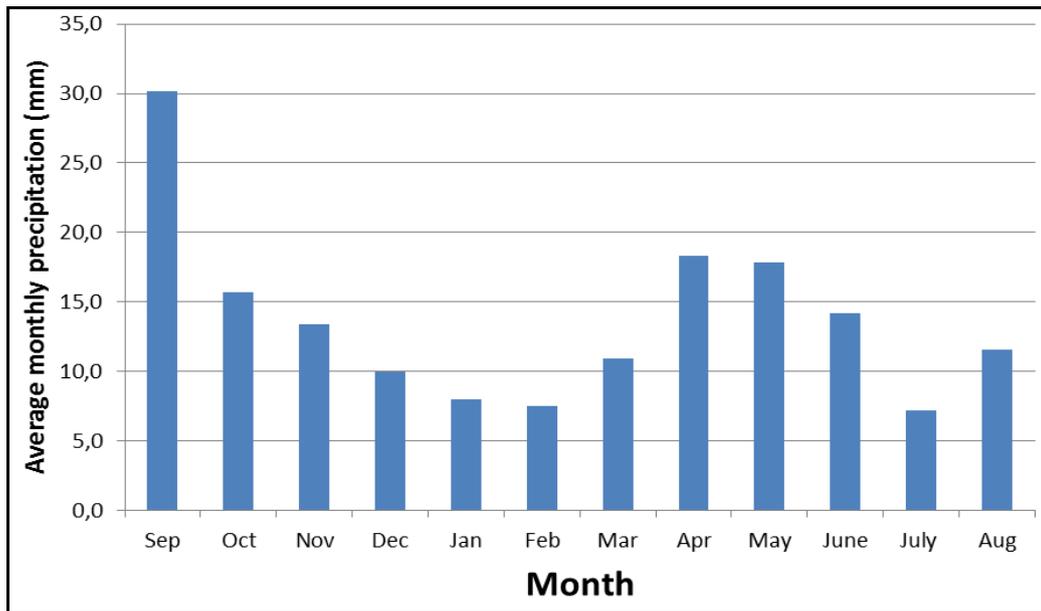


Figure I.17. Variation de la moyenne mensuelle des précipitations à la station de Saf Saf El Ouessra pour tous les mois enregistrés pendant la période de septembre 1997 à février 2014[07].

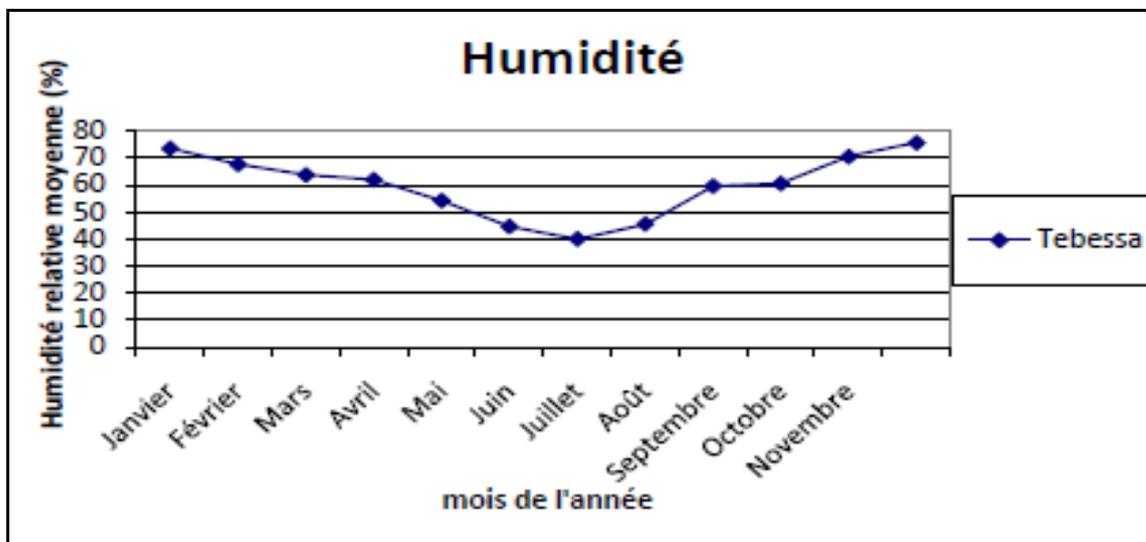


Figure I.18. L'humidité relative moyenne [07].

I.6.4. Le vent

L'analyse de la vitesse du vent montre un vent relativement constant toute l'année et ne dépassant pas 28 km/h [13]. Le tableau qui suit montre la distribution des fréquences des directions du vent :

Tableau I.3. Distribution des fréquences des directions du vent [07].

Direction	Nord	Nord- Est	Est	Sud- Est	Sud	Sud- Ouest	Ouest	Nord- Ouest
Moyenne quotidienne	6%	6%	5%	9%	6%	17%	17%	34%

I.7. Réserves géologiques de Bled El Hadba [08]

Les réserves géologiques globales du gisement de Bled El Hadba pour), elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

B : représente les réserves prouvées.

C1 : représente les réserves probables.

C2 : représente les réserves possibles.

Tableau I.4. Tableau récapitulatif des réserves du gisement par catégorie (2012-2014) [08]

Niveau	Réserves (t)				Réserves par niveau (T)
	Catégorie B	Catégorie C1	Catégorie C2	Catégorie P	
Faisceau du Thanetien supérieur	201772096	159312591	229907386	121997209	721989283
La couche de l'Yprésien basal	-	44098537	37865385	14585469	96549391
La couche de Thanetien inférieur	-	29104081	26724238	14804951	70633271
Total	210772096	232515209	294497010	151387630	/
Total de gisement B+C1+C2+P					889 171946

Conclusion

Le phosphate est une matière minérale provenant de gisements naturels, qui sont d'origine des minerais ignée ou des dépôts sédimentaires. Les phosphates sédimentaires sont formés par précipitation directe depuis l'eau de mer ou par remplacement de calcaire, ensuite vient le processus biologique qui joue un rôle très important.

Les plus importants gisements de phosphate Algérien se focalisent à l'Est du pays, Wilaya de Tébessa, précisément la région de Djebel Onk. Cette dernière a été subdivisée en 5 secteurs minier ; gisement Djebel Djemi Djema, Kef Essnoun, Djebel Onk Nord, Oued Bétita et Bled El Hadba.

La géologie de BEH est d'âge Thanétien supérieur. La couche de phosphate et son encaissant plongent d'une façon monoclinale sous un pendage varie de 6° à 12°, elle forme une bande d'affleurement orientée NE-SO qui s'enfonce vers l'ouest sous les calcaires à silex de l'Yprésien et les sables du Miocène. L'horizon phosphaté du gisement est d'une épaisseur moyenne de 30.4 m. Cette couche est constituée de la superposition des trois (3) sous couches : sommitale, principale et basale.

Les réserves géologiques de BEL pour toutes les catégories confondues sont évaluées à environ 889 171 946.T (B+C1+C2+P). À cet effet, le projet d'exploitation de ces réserves est le projet actuel de l'entreprise. Pour cela et au cours de chapitre suivant, nous allons présenter les méthodes d'exploitations souterraines applicables dans des gisements sédimentaires (le cas du gisement de Bled El Hadba).

Introduction

Le type de minéralisation et les caractéristiques géologiques du gisement seront toujours les variables les plus importantes qui influencent sur le choix du mode d'exploitation minière (ciel ouvert, souterraine ou combiné).

Le faisceau phosphaté du gisement de Bled El Hadba se présente sous forme d'une couche orientée NE-SW, plonge vers le Nord-Ouest avec un pendage varie de 8 à 12 %, d'où l'obligation de passer du mode d'exploitation à ciel ouvert au mode souterrain, ce dernier présente l'objectif de notre travail.

Le choix de la méthode d'exploitation souterraine de gisement de Bled El Hadba est le but de cette section, nous commenceront par la présentation des méthodes les plus favorables pour l'exploitation de gisement de type sédimentaire, et on terminera par le choix de la meilleur méthode d'exploitation du gisement objet de cette étude.

II.1. Exploitation minière en souterraine

On entend par exploitation : toute opération qui consiste à extraire ou à séparer des gites naturelles ou des substances minérales, pour les disposer à des fins utilitaires ou esthétique[21].

L'exploitation souterraine est une méthode qui sert à soutirer des minéraux ayant une valeur économique, elle est nécessaire de la construite lorsque les roches utiles ou les gisements de minéraux précieux sont enfouis profondément sous la surface du sol. Cette exploitation comprend les trois (3) travaux suivants ;

II.1.1. Travaux d'ouverture du gisement

Après avoir confirmé l'existence d'un gisement d'une valeur économique, on doit exécuter la première étape d'une exploitation souterraine qui consiste à l'ouverture de gisement. Cette dernière comprend le creusement des ouvrages donnant l'accès au gisement à partir du jour (surface), cela doit assurer [22] :

- Une entrée d'air.
- Une sortie d'air.
- Des voies de transport pour les produits à extraire, pour le matériel, ainsi que aux personnels.

Les modes d'ouverture sont classés suivant les types des ouvrages principaux donnant l'accès au gisement. On distingue Quatre (4) modes :

- L'ouverture par galeries aux jours.
- L'ouverture par puits vertical.
- L'ouverture par puits ou galeries inclinés.
- L'ouverture combinée.

II.1.2. Travaux de développement (préparatoires)

Les travaux préparatoires représentent les travaux réalisés pour préparer le gisement à l'abattage, ils consistent à découper le gisement en panneaux puis en blocs, pour faciliter l'ouverture des fronts de taille, ce sont les galeries de traçage, de roulage, et d'aéragé.

II.1.3. Travaux d'abattage [23]

L'abattage est une opération par laquelle les blocs de roches sont détachés du massif, soit au moyen d'outils à main (pic, marteau-piqueur), soit mécaniquement (haveuse, rabot, mineur continu), soit par l'action de l'explosif, soit hydrauliquement (par un jet d'eau sous pression).

II.2. L'ossature d'une mine souterraine

Une mine souterraine est une usine localisée dans le soubassement à l'intérieur du sous-sol, dans lequel les mineurs travaillent pour soutirer des minéraux ayant une valeur économique [24].

L'ossature d'une mine souterraine correspond en un ensemble des ouvrages principaux pour accéder aux différentes parties de gisement [23], il se compose de deux grands ouvrages :

- Le carreau de la mine : représente toutes les constructions qui sont en surfaces, construites à proximité de la mine (bâtiment administratif, les ateliers de maintenance, les usines de traitement du minerai,...).
- Les ouvrages miniers proprement dits : construits pour atteindre le minerai et l'extraire au sous-sol, ce sont principalement les puits, les galeries ainsi que les travers-bancs.

II.3. Critères de choix des méthodes d'exploitations souterraines

L'exploitation souterraine est utilisée pour les gisements en profondeur, Le choix d'une méthode souterraine se fait d'une manière à arracher un rendement maximale, un coût minimale avec le moins de risque pour les travailleurs. Ce choix dépend de plusieurs facteurs [25] :

- ✓ La morphologie du gisement ;
- ✓ Pendage du gisement ;
- ✓ Puissance du gisement ;
- ✓ Les caractéristiques physico mécaniques du minerai et des encaissants ;
- ✓ Pertes et salissures minimums ;
- ✓ Prix de revient minimum pour le maximum rendement des travaux ;
- ✓ Sécurité des travaux et des travailleurs ;
- ✓ Rendement.

II.4. Méthodes d'exploitations souterraines des gisements sédimentaires

On désigne par couche, un corps minéralisé en forme de dalle, d'origine sédimentaire, qui est séparé des autres roches par les surfaces planes de stratification et des épontes. Les couches sont des formations qui se sont constituées en même temps que les roches qui les contiennent. Elles peuvent avoir subi des plissements lors de leur formation [26].

Les gisements formés par des couches sont généralement d'origine sédimentaire, pour leur exploitation, on fait appeler au plusieurs méthodes, parmi lesquelles :

- Exploitation par la méthode des chambres et piliers abandonnées ;
- Exploitation par la méthode des longues tailles ;
- Exploitation par la méthode de traçage et dépilage ;
- Exploitation par la méthode de foudroyage des blocs.
- Exploitation par tranchée remblayée.

Dans ce qui suit nous présentant le principe de ces méthodes en précisant leurs avantages et inconvénient.

II.4.1. Exploitation par chambres et piliers abandonnés

L'exploitation par chambres et piliers abandonnés est une méthode très répandue dans les exploitations à faible profondeur (jusqu'à quelques centaines de mètres au-dessous de niveau du sol), elle est applicable aux formations dont le pendage ne dépasse pas 20°.

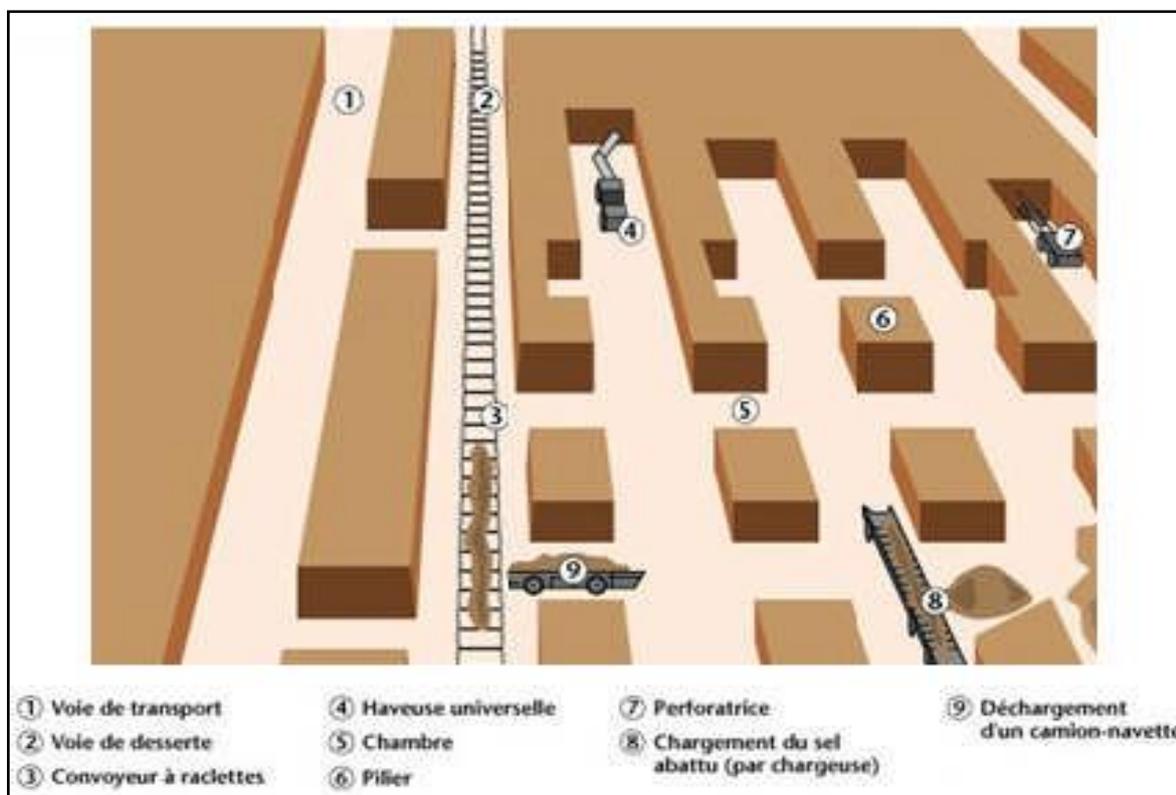


Figure II.1. Méthode d'exploitation par chambres et piliers abandonnés [27]

II.4.1.1. Principe de la méthode

Cette méthode consiste dans un premier temps, à tracer des chambres de l'ordre de 4 m de largeur, en chassant, laissant entre elles des piliers de 4 m de largeur et de 12 m de longueur, et dans un deuxième temps, de récupérer en rabattant une partie des piliers par creusement de refonte de 4 m, on abandonne ainsi des piliers de 16 m² de section pour une section de chambre abattue de 48 m² [27].

La méthode par chambre et pilier abandonnée est utilisée pour les minerais à bas prix ou à faible teneur, à cause des pertes que ce procédé engendre. Cette méthode ne peut se faire que si le gisement et ses épontes remplissent certaines conditions, à savoir [28] :

- Un massif résistant, en particulier le toit et le mur ;
- Une puissance de couche variant généralement de 2 à 30m ;

- La profondeur du gisement ne doit pas dépasser 700 à 800m, au cas où la résistance mécanique serait faible.

La figure II.2. Montre le principe de la méthode d'exploitation par chambre et piliers abandonnée.

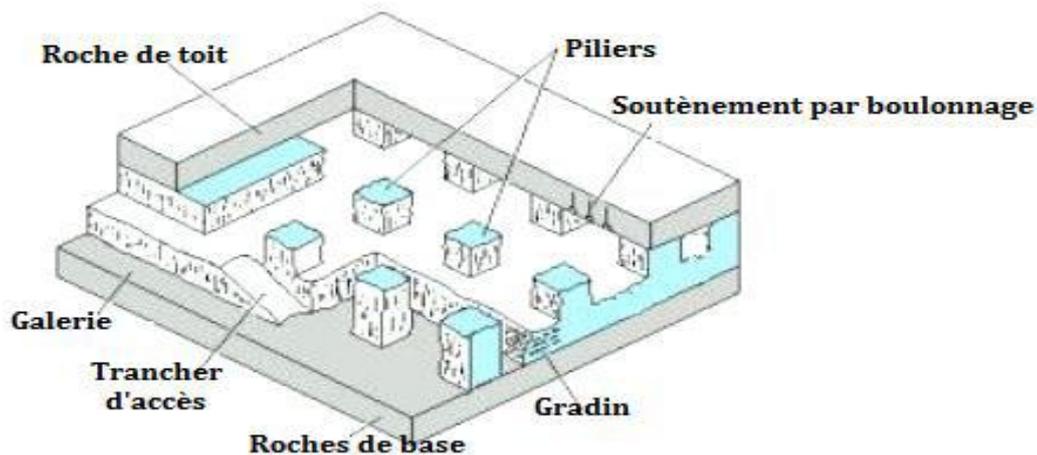


Figure II.2. Principe d'exploitation par la méthode des chambres et piliers abandonnées [29]

II.4.1.2. Avantages de la méthode [30]

- La sécurité est en fonction de la hauteur des chambres et des dispositifs de soutènement mis en place ;
- Cette méthode est très facile à l'employée car elle ne nécessite pas l'utilisation d'un personnel très qualifié ;
- Méthode d'exploitation ne provoque pas d'affaissement de surface ;
- Est une méthode au moindre coût d'extraction.

II.4.1.3. Inconvénients de la méthode [31]

- Cette méthode provoque des chutes de blocs et risque pour la circulation du matériel ;
- Est une méthode convenant aux faibles profondeurs.
- Cette méthode conduit à des pertes dans la minéralisation (piliers) de gisement, qui sont couramment de 40 à 50%

II.4.2. Exploitation par longue taille

L'exploitation par longue taille peut être définie comme une galerie en couche, elle est la méthode la plus répandue pour l'exploitation des gisements de charbon depuis un certain temps et surtout en Europe. Elles conviennent aux gisements en couches de forme régulière, d'épaisseur réduite et de grande extension horizontale, il existe plusieurs catégories d'exploitations par longue taille [32] :

- Longue taille, dont la longueur peut atteindre 250 m et plus.
- La taille courte dont la longueur avoisine 50 m.
- la mini-taille dont la longueur se situe aux environs de 25 m.

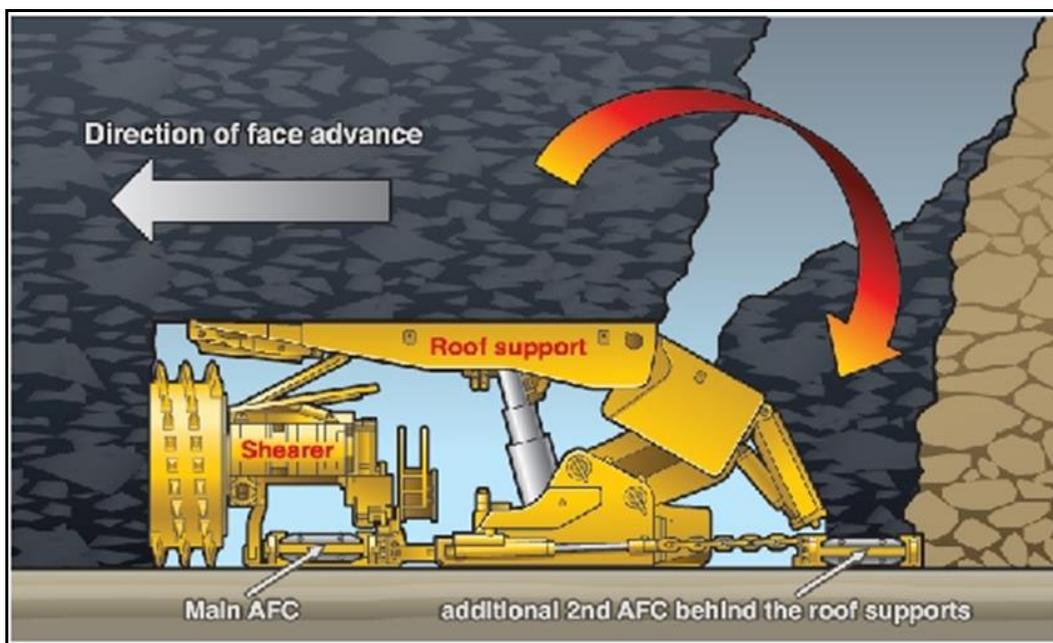


Figure II. 3. Méthode d'exploitation par longue taille [33]

II.4.2.1. Principe de la méthode [34]

Le principe de cette méthode avec soutènement marchant, est d'extraire le minerai toute au long panneau (de 200 à 250 m) sur des hauteurs variables (environ 3 m), le minerai est abattu par tranches sur un front se déplaçant parallèlement à lui-même dans la veine (couche minéralisée). Une allée est maintenue ouverte au front de taille, et on laisse le toit s'ébouler à l'arrière taille à une distance sûr pour les mineurs et leur matériel. Les travaux préparatoires comprennent le traçage des galeries d'accès aux chantiers et de transports du minerai au puits d'extraction.

La couche à exploiter étant d'épaisseur réduite et de grande extension horizontale, il est généralement possible de l'exploiter par un réseau assez simple de galeries. Les galeries de roulage sont tracées dans la couche même. La distance entre deux galeries de roulage voisines détermine la longueur du front de taille.

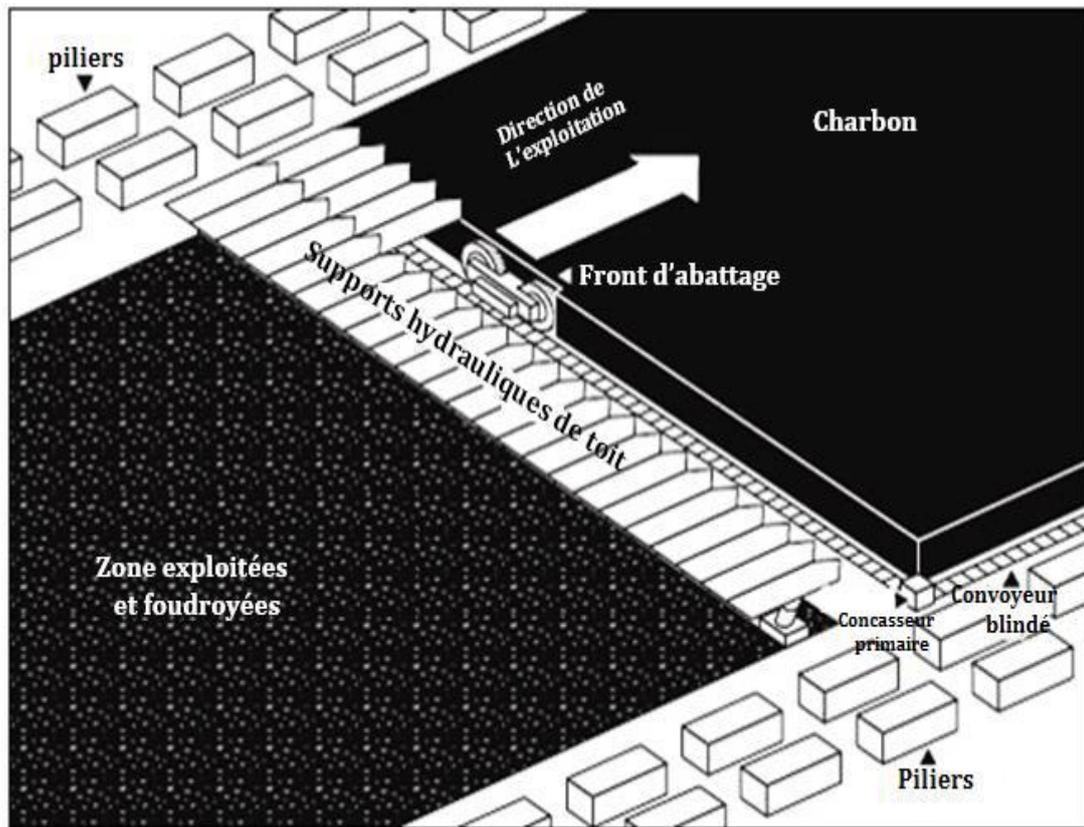


Figure II. 4. Schéma explicatif le principe de la méthode par long taille (cas de charbon)

[29]

II.4.2.2. Avantages de la méthode

- ✓ Méthode productive avec un taux de production très élevé que les autres méthodes (sauf dans le cas de la méthode de foudroyage des blocs) ;
- ✓ Bonne récupération ;
- ✓ Adéquat pour le toit pauvre (roches sus-jacentes instables) ;
- ✓ Méthode plus sûre (les travailleurs sont tout le temps sous le support de toit).

II.4.2.3. Inconvénients de la méthode

- ✓ C'est une méthode qui provoque des secousses sismiques produites par la rupture du terrain pendant l'extraction ;
- ✓ Mauvaise fonctionne en couches d'épaisseur irrégulière ;
- ✓ Le contrôle de la poussière est difficile ;
- ✓ Investissement élevé dans l'équipement ;
- ✓ Durée de changement de panneau très élevé (ce changement prend 10 à 30 jours pour être exécuté et effectué, en moyenne, 1 à 3 fois par an) ;
- ✓ Effondrement immédiat du toit après le retrait du support de toit ;
- ✓ Développement significatif dans la préparation du panneau ;
- ✓ Epaisseurs de la couche d'exploitation limitée suivant le matériel existant (7 mètre maximum).

II.4.3. Exploitation par traçage et dépilage

Le traçage et dépilage est une méthode utilisée pour l'exploitation des gisements ayant une morphologie de type lenticulaire et une épaisseur inférieure à 5m [30].

Le traçage est une opération qui consiste à creuser une ou plusieurs voies horizontales ou inclinées. Le dépilage est une phase principale de l'exploitation, comprend l'abattage et l'enlèvement de la plus grande partie du minerai [23].

II.4.3.1.Principe de la méthode

Le principe de cette méthode consiste à percer 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, seuls les piliers résiduels de 2 m de côté sont abandonnés et foudroyés [30].

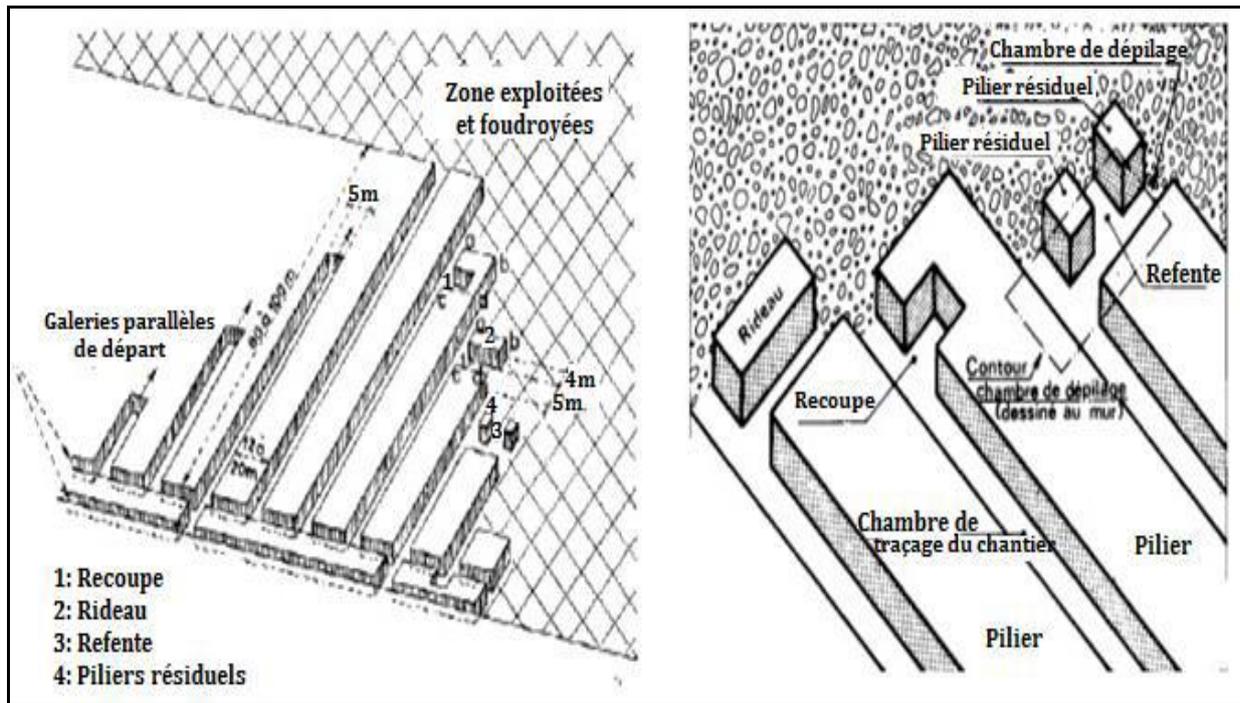


Figure II.5. Principe d'exploitation par traçage et dépilage [35]

II.4.3.2. Avantages de la méthode [30]

- ✓ 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 économiquement qui ne nécessite pas d'investissements considérables.
- ✓ Les engins utilisés dans la phase traçage sont identiques à ceux utilisée dans la phase dépilage.
- ✓ Le prix de revient d'exploitation reste faible, légèrement supérieur à celui des piliers abandonnés.

II.4.3.3. Inconvénients de la méthode

- ✓ Elle présente des problèmes tels que la dilution. (beaucoup de pertes de stérile et de minéral).
- ✓ Elle n'est pas employable 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 [30].

II.4.4. Exploitation par foudroyage des blocs [36]

Le foudroyage de blocs est une méthode d'exploitation à grande échelle, qui convient aux massifs de grandes dimensions dans chaque direction, d'un volume de l'ordre de 100 millions de tonnes et aptes à la désagrégation. On peut extraire, d'une mine exploitée par cette méthode, de 10 à 30 millions de tonnes de minerai par année.

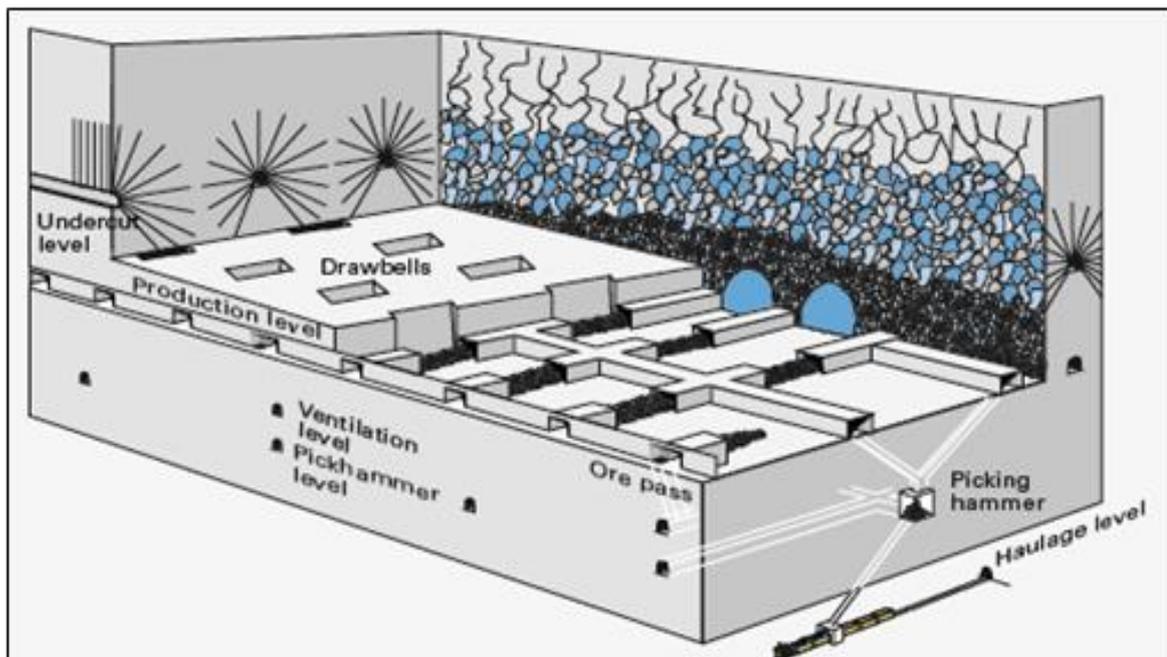


Figure II.6. Principe de la méthode par blocs foudroyés [37]

II.4.4.1. Principe de la méthode [36]

Le foudroyage est provoqué en pratiquant une saignée horizontale à la base du bloc. Des forces tectoniques naturelles considérables créent dans le massif des tensions qui provoquent la dislocation des blocs en fragments de taille permettant leur passage vers les points de soutirage. Souvent cependant, les mineurs doivent intervenir pour morceler les fragments trop gros.

II.4.4.2. Avantages de la méthode

- ✓ Méthode productive avec un taux de production très élevé (plus productive que les autres méthodes) ;

- ✓ Bonne récupération (90 % ou plus), mais avec une dilution significative ;
- ✓ Bonne ventilation et sécurité pour les travailleurs.

II.4.4.3. Inconvénients de la méthode

- ✓ L'affaissement et l'effondrement à grande échelle ;
- ✓ Taux de dilution élevé (dans les gisements hétérogènes) ;
- ✓ Coût très élevé et délais importants de développement (travaux préparatoires) ;
- ✓ Débitage secondaire est nécessaire lors du blocage de la minéralisation.

II.4.5. Exploitation par tranches (chambres) remblayées [29]

Cette méthode est celle dans lesquelles le vide créé par l'exploitation est comblé par un remblai qui remplace le minerai enlevé et maintient les épontes ; en outre, le remblayage entre dans le cycle des travaux d'exploitation.

Le remblayage peut être effectué de deux manières :

1. En même temps que les travaux d'exploitation, au fur et à mesure du déplacement du chantier ;
2. Après l'enlèvement du minerai dans un secteur déterminé.

La méthode d'exploitation par chambres remblayées convient à l'exploitation de gisements fortement ($> 45^\circ$) pentus inclus dans un massif rocheux dont la stabilité est bonne à moyenne.

II.4.5.1. Principe de la méthode

Le minerai est abattu et déblayé par tranches horizontales successive de 1,5 à 4,6m d'épaisseur à partir de l'arrière du chantier (fig.7). La hauteur de l'étage varie entre 40 à 60m et la longueur du bloc varie entre 50 à 100m. L'exploitation minière progresse d'un niveau inférieur à un niveau supérieur ou l'inverse (montant/descendant), Des trous horizontaux de 1,5 à 4,6 m de profondeur sont forés dans le front. Le minerai abattu est ensuite enlevé par les scrapers, ou des équipements de déchargement spéciaux, par des passages du minerai au niveau ci-dessous. Une fois l'abattage et le déblocage terminé, les voies (passages du minerai et chemin d'accès) sont prolongées vers le haut ou vers le bas. [23]

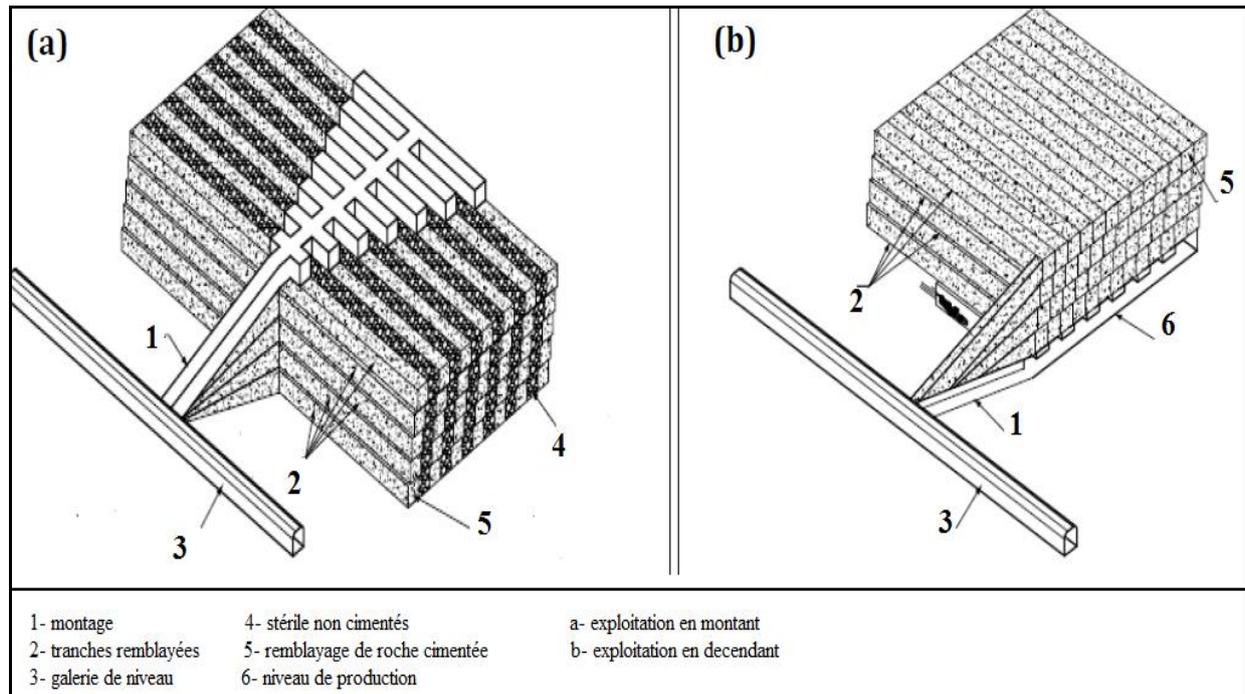


Figure II.7. Méthodes d'exploitation par chambre remblayées [29]

II.4.5.2 Avantages de la méthode

- ✓ Faible investissement dans les machines
- ✓ Développement minimal avant l'exploitation
- ✓ Méthode sélective
- ✓ Changement de la méthode peut être facilement réalisé.
- ✓ Faible dilution (l'ouverture est faible)

II.4.5.3. Inconvénients de la méthode

- ✓ La production de minerai est très cyclique.
- ✓ Faible productivité (car l'utilisation de la mécanisation est faible et travaux de remblayages)
- ✓ La méthode nécessite beaucoup de la main d'œuvre qualifié.
- ✓ Le personnel travail sous un toit fraîchement coupé qui peut causer des problèmes de sécurité.

II.5. Choix de la méthode d'exploitation pour le gisement de Bled El-Hadba

II.5.1. Caractéristiques du gisement

Selon Frédéric.P (2014), les caractéristiques du gisement à exploité représentent la première phase d'un projet d'exploitation souterraine sur laquelle se base principalement la faisabilité du projet. Elle vise à [38] :

- Comprendre et visualiser la géologie, la géochimie et la structure du gisement et des terrains encaissants.
- Evaluer la potentialité d'exploitation (volume et teneur extractible).
- Planifier et organiser la future exploitation (lignes directrices de la méthode d'exploitation : limites des panneaux exploitables, orientations et direction des chantiers, etc...).

II.5.1.1. Caractéristiques géométriques du gisement

Selon le rapport de BRGM (1994) et les cartes isohypses et isopaques (annexe 2) de : tout le faisceau phosphaté et les trois sous couches de ce faisceau, on distingue les caractéristiques géométriques suivantes [39]

- ✓ Le faisceau phosphaté se présente sous une couche orientée NE-SW, plonge vers le Nord-Ouest avec un pendage varie de 8 à 12.
- ✓ L'horizon de la couche phosphatée à une épaisseur assez importante varie de 30 à 35.5m, dont l'épaisseur moyenne du gisement est de 30.4m.
- ✓ La couche sommitale (II_T : minerai de toit de la couche productive), représente la partie supérieure du faisceau phosphaté, est caractérisée par le même pendage et même direction de plongement. Néanmoins l'épaisseur est faible ne dépasse pas 6m.
- ✓ La couche principale ($I_A + I_B =$ couche peu dolomitique + couche plus dolomitique), porte même pendage et même direction de pendage que celle de la couche sommitale et l'épaisseur de cette couche varie de 20 à 30 m, avec une épaisseur moyenne de 21 m.
- ✓ La couche basale (II_M : minerai de mur de la couche productive), porte le même pendage et même direction de pendage par rapport au celles de la couche sommitale et principale. Néanmoins son épaisseur ne dépasse pas 10m. sauf à trois sondages.

II.5.1.2. Caractéristiques géologiques

La succession litho-stratigraphique du gisement de Bled El Hadba montre une superposition de couches allant du bas en haut, elles sont les suivantes :

- ✓ Le mur phosphaté du Thanétien inférieur caractérisé par les calcaires marneux et argiles.
- ✓ Le faisceau phosphaté du Thanétien supérieur qui est subdivisé en trois sous couches :
 - Basal caractérisée par des phospharénites dolomitiques.
 - Principale caractérisée par des phospharénites peu dolomitiques.
 - Sommitale caractérisée par des phospharénites très dolomitiques.
- ✓ La couche calcaro-dolomitique à silex de l'Yprésien.
- ✓ La couche sablo-argileuse du Miocène.

II.5.1.3. Caractéristiques géotechniques

Dans le cadre de l'étude d'exploitation souterraine de BLH, les analyses géotechniques de la stabilité de terrains sont très importantes.

Le tableau qui suit résume les caractéristiques géotechniques étudiées selon la norme Allemande DIN4084 :2009-01. Par la compagnie DMT en 2016.

Tableau II.01. Caractéristique géotechniques de Bled El Hadba [07]

La couche	Densité (t/m ³)	Dureté	Résistance à la compression (MPa)	Angle de frottement (°)	Cohésion (Mpa)	Masse volumique (Kg/m ³)
Calcaires	2,19	/	23,1	23	1,4	2190
phosphates	2,2	4-5	10,2	30	2,4	2200
marnes	2,05	/	18,3	19	1,2	2050

II.5.2. Méthodes qui peuvent être appliquées pour le gisement de BEH

Chaque méthode d'exploitation a des points positifs et des d'autres négatifs. Pour le choix de la méthode d'exploitation de gisement de Bled El Hadba (BEL) se fait dans un objectif d'atteindre une production maximale dans des conditions à assurer la sécurité des travailleurs.

Pour cela, parmi les méthodes d'exploitations des gisements sédimentaires citées au-dessus on élimine la méthode des chambres et piliers abandonnées, le traçage et dépilage ainsi que celle de chambres remblayées, vues quelles ne sont pas des méthodes productives et elles conduisent à des pertes de 50% de minerais.

Les méthodes proposées selon les objectifs de l'entreprise sont représentées sur le tableau ci-dessous.

Tableau II.02. Comparaison entre les méthodes ; foudroyage des blocs et longue taille

Les méthodes	Foudroyage des blocs	Longue taille
La comparaison	<ul style="list-style-type: none"> - Une productivité de l'ordre de 10 à 30 Mt/an - Bonne récupération de minerais (90% ou plus). - <u>Bonne ventilation et sécurité</u> pour les travailleurs. 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode productive classée après le foudroyage. - Bonne récupération. - Sécurité de travailleurs mais présente une <u>mauvaise ventilation</u>

A partir du tableau II.02 nous constatant que la méthode la mieux adapté à notre cas d'étude c'est la méthode des blocs foudroyées, sous réserves des études complémentaire de la stabilité des ouvrages et des méthodes de soutènement.

Conclusion

Les techniques d'exploitation minières présentent un défaut pour les ingénieurs et les entreprises exploitantes. La mine de phosphate de Bled El Hadba, présente aussi des difficultés d'exploitation dans sa partie souterraine, vue les conditions géologiques et lithologiques présentent au niveau bas du gisement. Il existe plusieurs méthodes d'exploitation souterraines conçues pour les gisements sédimentaires, telle que chambres et piliers abandonnées, traçage et dépilage, longue taille, le foudroyage des blocs ainsi que les chambres remblayées.

Le choix de l'une de ces méthodes est basé principalement sur la nature du gisement et les considérations techniques (prix de revient, taux de récupération du minerai, sécurité).

Pour l'exploitation de gisement de Bled El Hadba, nous avons proposés la méthode de foudroyage des blocs dans l'objectif d'atteindre une production maximale assez importante avec une sécurité maximale pour les travailleurs.

Introduction

Après le choix de la méthode d'exploitation la plus adéquate pour extraire le minerai de phosphate de Bled El-Hadba, on entamera le processus de son exploitation qui consiste en premier lieu à définir la limite d'exploitation critique entre l'exploitation à ciel ouvert et celle en souterraine. Par la suite, nous allons proposer un mode d'ouverture convenable pour une exploitation par la méthode des blocs foudroyés.

L'organisation des travaux et la préparation de la base en entonnoirs présente un fardeau pour l'entreprise dans les investissements ainsi que dans la durée de réalisation. Une fois la base est préparée, la production peut atteindre les trente millions de tonnes, cela couvre le retard rencontré dans les travaux préparatoires. On achèvera notre travail vers la fin par l'établissement du plan d'exploitation de la partie souterraine du gisement de Bled El-Hadba.

III.1. Périmètre de la partie souterraine

Avant d'entamer les travaux de développement de la mine pour extraire le phosphate du gisement de Bled El-Hadba, on doit délimiter la partie à exploiter en souterrain.

III.1.1. Limite théorique

III.1.1.1. Rapport de découverte

Le rapport de découverte est le rapport entre la quantité de morts terrains (la quantité de stérile a enlevée) sur celle de minerais, (appelé 'taux de découverte'), il dépend de la morphologie de gisement dont lequel celui-ci se trouve. Il est défini par la formule suivante :

$$Rd = \frac{Qs}{Qm} \quad (III.1)$$

Rd : le rapport de découverte.

Qs : la quantité de stérile extraite.

Qm : la quantité de minerai extraite.

Le rapport de découverte peut être exprimé soit en :

- ✓ m^3/m^3 : représente le taux de découverte volumétrique.
- ✓ t/t : représente le taux de découverte pondérale.

- ✓ m^3/t : représente le cubage de stérile à excaver pour extraire une tonne de minerai.

Selon l'étude de BRGM, Le taux de découverte linéaire est égal à l'épaisseur de stérile enlevée par rapport à l'épaisseur de substance utile (phosphate). Le taux linéaire de découverte limite est 4.

$$Tr = Es \div Em \quad (III.2)$$

$$Tr = 4$$

III.1.1.2.Épaisseur de stérile

$$Es = Tr \times Em \quad (m) \quad (III.3)$$

L'épaisseur moyenne de la couche minéralisée est de 30 m

$$AN : \quad Es = 4 \times 30$$

$$Es = 120 \text{ m}$$

III.1.1.3. Épaisseur totale (minerai et stérile)

L'épaisseur totale est la somme des épaisseurs de minerai et celle de stérile.

$$Et = Es + Em \quad (m) \quad (III.4)$$

$$Et = 120 + 30$$

$$Et = 150 \text{ m}$$

III.1.1.4. Altitude de la limite théorique (annexe 3.A)

Les altitudes de la limite théorique de l'exploitation sont calculées à partir de la formule suivante :

$$Z_{st} = Z_s - Et \quad (m) \quad (III.5)$$

Z_{st} : les coordonnées de la limite en souterraine.

Z_s : les coordonnées de la surface.

Et : l'épaisseur totale (minerai et stérile).

III.1.2. Limite réelle de l'exploitation souterraine

Après avoir calculé toutes les altitudes de la limite théoriquement, on les introduit sur le logiciel « SURFER.10.0 », pour nous donner une carte de délimitation (fig. III.1), la partie colorée en bleu présente le gisement qui est favorisée pour une exploitation souterraine.

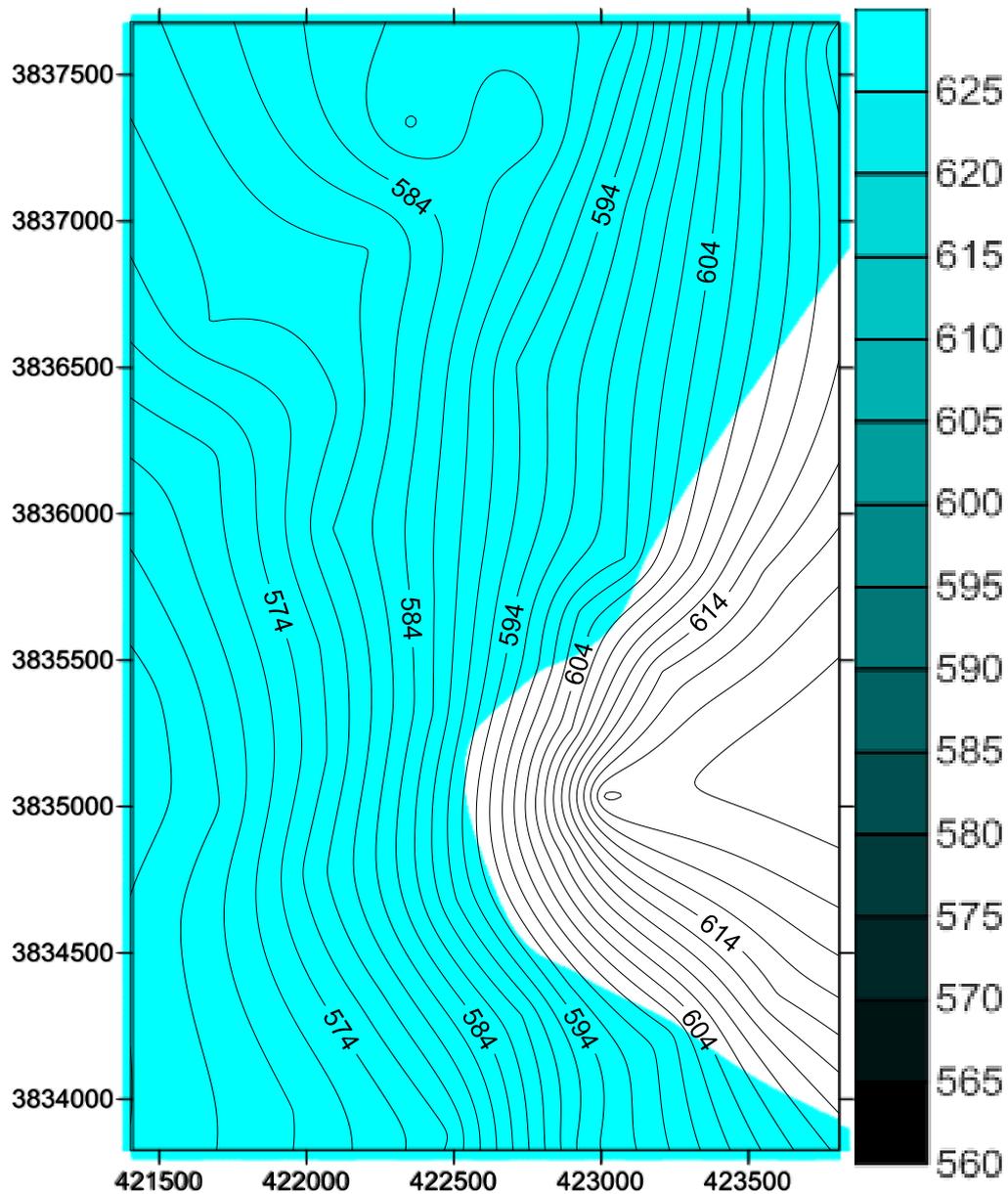


Figure III.1. La limite d'exploitation en souterraine.

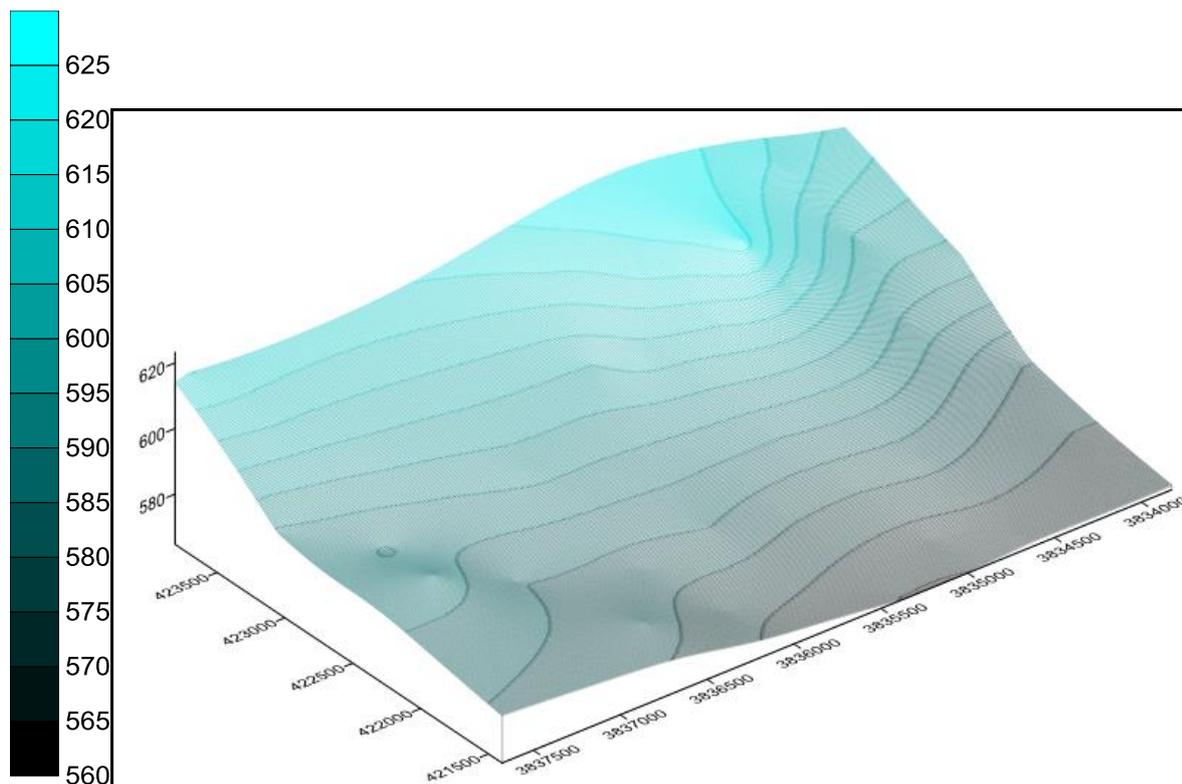


Figure III.2. La topographie de la surface de Bled El Hadba en 3D (surfer 10.0)

III.2. Description de la méthode d'exploitation par foudroyage des blocs de gisement de BEH

Le gisement de Bled El-Hadba sera exploiter par foudroyage des blocs, dont l'objectif visé est d'atteindre une production assez importante par année (20 Mt/an). Cette exploitation est structurée de la façon suivante :

- L'ouverture de gisement par le creusement des galeries au jours qui sont des galeries principales.
- L'avancement des travaux par le creusement des galeries secondaire pour former des panneaux, à partir duquelles on prépare des entonnoires de soutirage pour le minerai à la base des couches phosphatées.
- Le défruitement et la décente de minerai par gravité vers les entonnoires de soutirage, va simplifier l'opération d'extraction.

III.3. Régime du travail de la mine de Bled El Hadba

III.3.1. Nombre de poste par jours

Lorsque l'entreprise a mis en valeur une production annuelle assez importante et dans le but de l'atteindre, la mine doit dotée d'un régime de travail qui assurera la production visée. On propose deux postes par jours pour 16 heures de travail :

- Premier poste : 5h – 13h.
- Deuxième poste : 13h – 21h.

III.3.2. Nombre de jours ouvrable par année

$$N_{j/an} = N_{jan} - N_{jf} - N_{jw} \quad (III.6)$$

$N_{j/an}$: nombre de jours ouvrable par année .

N_{jan} : nombre de jours dans une année : 365 j/an

N_{jf} : nombre de jour férié dans une année : 11 jf/an

N_{jw} : nombre de jours de week-end dans une année : 104 jw/an

$$N_{j/an} = 365 - 11 - 104$$

$$N_{j/an} = 250 \text{ j/an}$$

III.3.3. Nombre de jours ouvrable par semaine

Les journées de travail de la semaine sauf le week-end (vendredi et samedi) sont 5 jours.

$$N_{j/s} = 5 \text{ j/s}$$

III.4. Capacité de production projetée

L'obéctif de la société SOMIPHOS est d'atteindre une capacité d'extraction de tout venant de 20 millions de tonne pendant une année.

$$P_{an} = 20\,000\,000 \text{ t/an}$$

III.4.1. Production journalière

La production journalière de la mine peut se calculer comme suit :

$$P_j = \frac{P_{an}}{N_{j/an}} \quad (III.7)$$

$$P_j = \frac{20000000}{250}$$

$$P_j = 80000 \text{ t/j}$$

III.4.2. Production postière

Le nombre de poste proposé est de 2 postes par jour.

$$P_p = \frac{P_j}{N_p} \quad (III.8)$$

$$P_p = \frac{80000}{2}$$

$$P_p = 40000 \text{ t/p}$$

III.4.3. Estimation des réserves exploitables en souterrain

Les réserves peut être estimer par la méthode suivante :

$$Re = S \times Ep \times N_p \quad (III.9)$$

Où :

Re : les réserves estimées.

S : surface de la maille de la grille d'exploration. $S = 25 \text{ m}^2$

Ep : épaisseur de la couche minéralisée, $Ep = 30 \text{ m}$

Np : nombre de points lus sur le plan d'exploitaion souterraine, $N_p = 59751 \text{ pts.}$

$$Re = 25 \times 30 \times 59751$$

$$Re = 44\,813\,250 \text{ m}^3$$

III.5. Mode d'ouverture et le dimensionnement des ouvrages

Le mode d'ouverture est le premier stade d'une exploitation souterraine. Pour accéder au gisement il faut réaliser son ouverture : c'est-à-dire à partir de la surface. En raison d'accéder au gisement de Bled El-Hadba, son ouverture doit être effectuée par des ouvrages horizontaux (à partir de la surface), dans notre cas nous utiliserons des galeries au jour, à partir des limites d'exploitation à ciel ouvert.

Le gisement est découpé en panneaux d'environ 50 m de longueur. La partie inférieure des blocs (panneaux) est aménagée en forme d'entonnoir, de manière que le minerai glisse vers les points de soutirage « trémies » situés sur la voie de base.

III.5.1. Dimensionnement de la galerie principale

Une galerie principale représente la porte qui permet l'accès au gisement, comme elle est une voie de communication, de circulation et d'aération. Elle est généralement sous forme de trapèze.

Le creusement de la galerie principale se fait par abattage mécanique, vu que la base du terrain sont des calcaires marneux donc on doit pas déstabiliser les parois de la galerie. À cet effet, on aura besoin d'utiliser une hacheuse « SANDVIK » de type ACM10 qui porte les caractéristiques techniques suivantes (Annexe 3.B.1) :

Tableau III.1. Caractéristiques techniques de hacheuse SANDVIK de type ACM10 [40]

Caractéristiques	Dimensions
Hauteur maximum	1,6 m
Largeur totale	2,7 m
Longueur totale	9,3 m



Figure III.3. Haveuse SANDVIK de type ACM 10. [40]

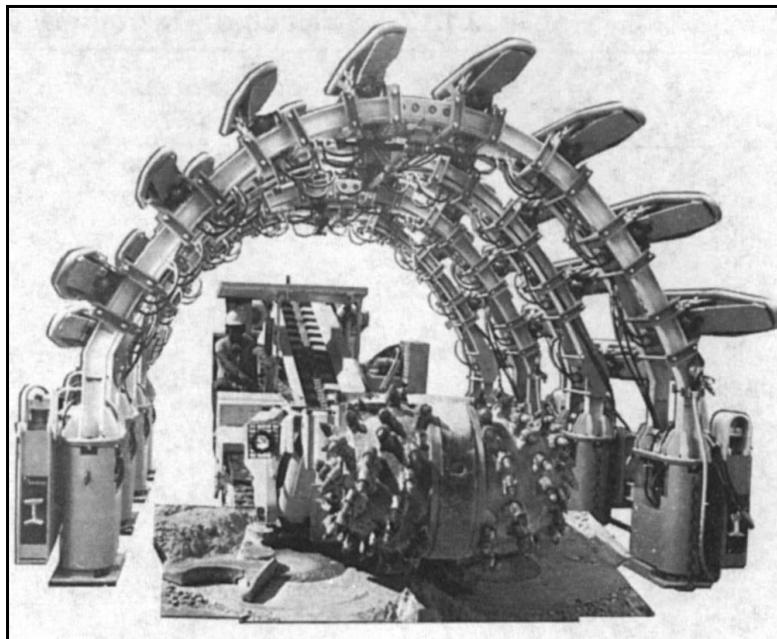


Figure III.4. Model d'une haveuse dans une galerie [41]

III.5.1.1. Largeur de l'excavation

La largeur de l'excavation correspond à la largeur maximale du matériel préconiser pour la mine.

$$L = A \quad (\text{m}) \quad (\text{III.10})$$

L : largeur de l'excavation en m

A : largeur maximale de la haveuse ; A=2,7m

$$L = 2,7 \text{ m}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

III.5.1.2. Hauteur de l'excavation

Pour atteindre une hauteur de 2.5 m dans la galerie, la haveuse ACM 10 assure notre choix.

$$H = 2,5 \text{ m}$$

III.5.1.3. Section de l'excavation

La section de la galerie est de forme d'un trapèze, elle peut se calculer de façon suivante :

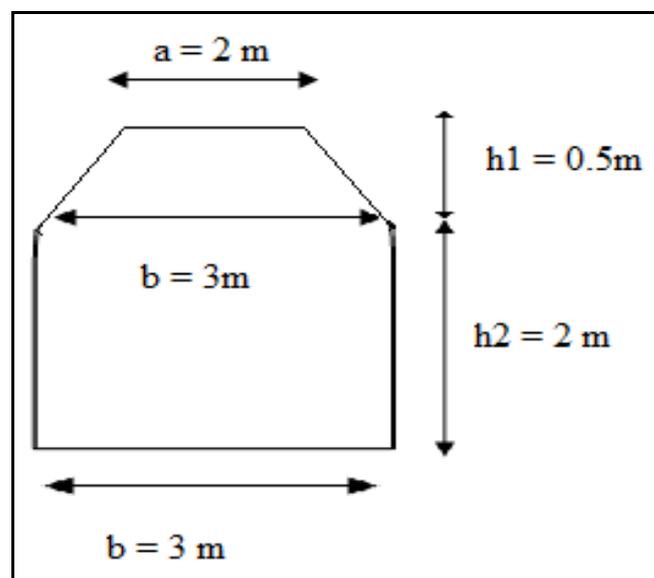


Figure III.5. Schéma de la galerie principale.

$$S_n = \left(\frac{a + b}{2} \right) \times h \quad (\text{m}^2) \quad (\text{III.11})$$

a : la base supérieur de la galerie,

b : la base inférieure de la galerie ;

h : la hauteur de la galerie ;

$$S_n = \left(\frac{3 + 2}{2} \right) \times 2.5$$

$$S_n = 6,25 \text{ m}^2$$

Pour les travaux de finition de la galerie, on aura besoin d'un outil qu'on peut placer sur la haveuse ACM10, cet outil est appelé aussi une haveuse SANDVIK de type MA720. (Annexe 3.B.2). Ce dernier permet de profiler la galerie sous la forme voulue.



Figure III.6. SANDVIK coupante type MA720 [42]

III.5.2. Dimensionnement de la galerie secondaire

La galerie secondaire est une galerie de roulage sert au transport du minerai par des convoyeurs blindés. Ces galeries jouent un rôle très important concernant l'aérage. Elles sont creusées de la même façon que celle au jour par des haveuses SANDVIK de type ACM 10.

III.5.3. Dimensionnement des niches

Dans les mines souterraines, il est nécessaire de réaliser des niches au niveau des galeries principales, elles sont généralement distante de 100 m, elles servent aux :

- ✓ Abris lors de tir de mine.
- ✓ Abris pour installer des ventilateurs secondaires.
- ✓ Zone de repos de mineurs.
- ✓ Stockage des outils de travail.

III.5.4. Dimensionnement des panneaux

Les panneaux ce sont des rectangles, limité latéralement, compris entre deux galeries secondaires. Pour le gisement de Bled El Hadba, on a choisie des panneaux de dimensions suivants :

La largeur : 24 m

La Longueur : 50 m

III.5.4.1. Calcul de la surface d'un panneau

$$S_p = L \times l \quad (m^2) \quad (III.12)$$

$$S_p = 50 \times 24$$

$$S_p = 1200 \text{ m}^2$$

III.5.4.2. Volume du panneau

$$V_p = S_p \times E_p \quad (m^3) \quad (III.13)$$

V_p : le volume du panneau (m^3) ;

S_p : la surface du panneau, $S_p = 1200 \text{ m}^2$

E_p : épaisseur de la couche minéralisée, $E_p = 30 \text{ m}$

$$V_p = 1200 \times 30$$

$$V_p = 36000 \text{ m}^3$$

III.5.4.3. Réserves de la roche minéralisée dans un panneau

$$R_{rm} = V_p \times D \quad (t/p) \quad (III.14)$$

R_{rm} : réserves de la roche minéralisée dans un panneau (t/p) ;

V_p : volume du panneau, $V_p = 36000 \text{ m}^3$;

D : densité des phosphates, $D = 2,2 \text{ t/m}^3$;

$$R_{rm} = 36000 \times 2,2$$

$$R_{rm} = 79200 \text{ t/ panneau}$$

III.5.4.4. Nombre de panneaux à exploiter par année

La détermination du nombre de panneaux destinés à l'exploitation dans une année, représente le rapport entre la production annuelle et les réserves de la roche minéralisée dans un panneau.

$$N_p = \frac{P_a}{R_{rm}} \quad (\text{III.15})$$

N_p : nombre de panneaux à exploiter dans une année, (pan/an) ;

P_a : production annuelle, $P_a = 20\,000\,000$ t/an ;

R_{rm} : réserves de la roche minéralisée dans un panneau, $R_{rm} = 79\,200$ t/ panneau ;

$$N_p = \frac{20\,000\,000}{79\,200}$$

$$N_p = 253 \text{ pan/an}$$

III.5.4.5. L'avancement des panneaux pendant une année

L'avancement peut se déterminer de la façon suivante :

$$A_p = N_j \times L \quad (\text{III.16})$$

A_p : avancement d'un panneau (an) ;

N_j /an : nombre de jours ouvrables dans une année (j/an) ;

L : longueur du panneau, $L = 50$ m

$$A_p = \frac{250}{50}$$

$$A_p = 250 \times 50$$

$$A_p = 12\,500 \text{ m/an}$$

$$A_p = 12,5 \text{ km/an}$$

III.5.4.6. Nombre de galeries secondaires à creuser dans une année

Dans notre cas : 1 galerie secondaire \longrightarrow 2 panneaux

Nombre de galeries secondaire/ an \longrightarrow 253 panneaux/ an

$$N_{gs} = \frac{253 \times 1}{2}$$

$$N_{gs} = 127 \text{ gs/an}$$

III.5.4.7. Nombre de galeries secondaires à creusées dans une journée

Le nombre de galeries secondaires destinées au creusement pendant une journée est déterminée par la formule suivante :

$$N_{gs} = \frac{N_j/an}{N_{gs}/an} \quad (III.17)$$

N_{gs} : nombre de galeries secondaire à creuser pendant une journée (gs/j) ;

N_j : nombre de jours ouvrables par année $N_j = 250$ j/an ;

N_{gs}/ans : nombre de galeries secondaires creusées dans une année $N_{gs} = 127$ gs/an ;

$$N_{gs} = \frac{250}{127}$$

$$N_{gs} = 2 \text{ gs/j}$$

III.5.5. Dimensionnement des entonnoirs

Les entonnoirs sont des cheminées largement évasée vers le haut, servant au soutirage du minerai, ils servent des convoyeurs blindés dans les niveaux de roulage.

Les dimensions de l'entonnoir sont représentées comme suit :

- ✓ La hauteur de l'entonnoir est 9 m, cela pour garder l'angle de l'entonnoir supérieur à 45° [43] afin de faciliter la décente des matériaux effondrés par gravité.
- ✓ Le diamètre de l'entonnoir est 12 m, cela pour diminuer le nombre des galeries de soutirage est le nombre des entonnoirs.

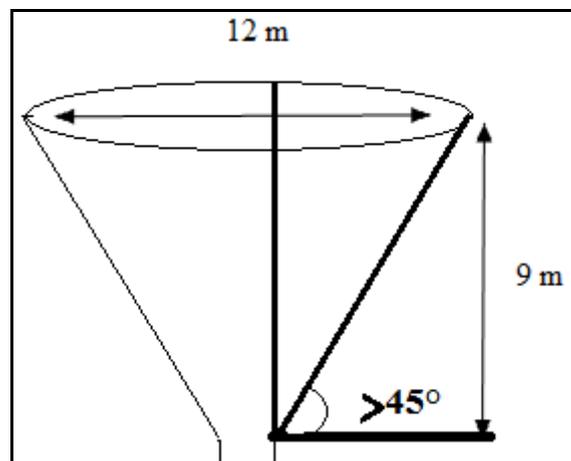


Figure III. 7. Schéma de l'entonnoir et ces dimensions

III.6. Choix des machines minières et leur différentes paramètres

Les machines minières sont des machines destinées à l'extraction, au chargement et au transport des roches et aussi au montage des soutènements ou à l'exécution du remblayage. [44]. Le choix de ces machines dépend principalement de la production à assurée annuellement par la mine, dont elles doivent avoir une grande capacité pour un meilleur rendement. A cette effet les différentes machines qu'on aura besoin pour la mine de Bled El Hadba sont :

III.5.1. Les machines de creusement

Il existe différentes machines de creusement qui servent au trçage des différentes galeries parmi lesquelles on a choisi les haveuses. Ces dernières sont des machines d'abattage mécanique qui réalise une saignée dans la roche.

Dans ce qui suit nous allons déterminer les différents paramètres de cette machine.

III.6.1.1 Rendement postier réel de la haveuse SANDVIK type ACM10

La détermination du rendement réel de la haveuse est fait par le calcul suivant :

$$R_{rh} = 85\% R_{th} \quad (t/p) \quad (III.18)$$

R_{rh} : rendement réel de la haveuse ; (t/pst)

R_{th} : rendement théorique de la haveuse ACM10, (t/pst). $R_{th} = 15$ t/min

$$R_{rh} = \frac{85 \times 15 \times 60 \times 8}{100}$$

$$R_{rh} = 6120 \text{ t/pst}$$

III.6.1.2 Rendement journalier

Le rendement journalier peut se définir par la méthode suivante :

$$R_{rhj} = R_{rhp} \times N_{p/j} \quad (t/j) \quad (III.19)$$

R_{rhj} : rendement journalier de la haveuse (t/j) ;

R_{rhp} : rendement postier de la haveuse (t/pst) ;

N_p/p : nombre de poste par jour ;

$$R_{rhj} = 6120 \times 2$$

$$R_{rhj} = 12240 \text{ t/j}$$

III.6.1.3. Volume abattu par la haveuse

Le volume abattu est le rapport entre le rendement journalier de la haveuse par la densité de la roche à abattre.

$$V_a = \frac{R_{jh}}{D} \quad (\text{m}^3/\text{pst}) \quad (\text{III.20})$$

V_a : volume de la roche à abattre (m^3/j), (m^3/pst) ;

R_{jh} : rendement journalier de la haveuse, $R_{jh} = 12240 \text{ t/j}$

D : densité de la roche à abattre (calcaires marneux) ; $D = 2,7 \text{ t/ m}^3$

$$V_a = \frac{12240}{2.7}$$

$$V_a = 4533.33 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$V_a = \frac{4533.33}{2}$$

$$V_a = 2266,7 \text{ m}^3/\text{pst}$$

III.6.1.4. Avancement de la haveuse

- Avancement linéaire dans un mètre cube de la section de la galerie.

$$A_l = 1 \times S_n \quad (\text{III.21})$$

S_n : la section de la galerie, $S_n = 6,25 \text{ m}^2$

$$A_l = 1 \times 6.25$$

$$A_l = 6,25 \text{ m}^2$$

- Avancement de la haveuse

$$Ah = \frac{Va}{Al} \quad (III.22)$$

Ah : avancement de la haveuse (ml/pst).

Va : volume de la roche à abattre, $Va = 2266,7 \text{ m}^3 / \text{pst}$

Al : avancement dans un 1 m^3 de la galerie ; $Al = 6,25 \text{ m}^2$

$$Ah = \frac{2266.7}{6.25}$$

$$Ah = 362,7 \text{ ml/pst}$$

III.6.1.5. Nombre de haveuses

Ce paramètre est calculé comme suit :

$$Nh = \frac{Pa}{Cch \times Np/j \times Nj/an} \quad (III.23)$$

Nh: nombre de haveuse.

Pa: production annuelle = 20000000 t/an

Cch : capacité de chargement de la haveuse. . 15 t/min = 900 t/ h = 7200 t/p

Nj/an : nombre de jour ouvrable par ans 250j/an

$$Nh = \frac{20000000}{7200 \times 2 \times 250}$$

$$Nh = 5,5$$

$$Nh = 6 \text{ haveuses}$$

III.6.2 Machines de foration (annexe 3.B.3)

Pour accéder au minerai de phosphate à travers des entonnoirs, on applique le tir des mines est cela dans le but d'accélérer la production, à cet effet, on a choisie la foreuse JUMBO à deux bras de type SANDVIK DD220L (fig III.8).

Parmi les caractéristiques techniques essentielles de cette foreuse sont portées dans le tableau (III.02)



Figure III.8. Foreuse JOMBO, type SANDVIK DD220L. [45]

Tableau III.2. Caractéristiques techniques de la foreuse SANDVIK DD220L. [45]

Caractéristiques	Dimensions
Hauteur	1,4 m
Largeur	2,2 m
Longueur de trous	13,8 m
Diamètre des trous	43- 64 mm

III.6.3 Machines de chargement et de transport

Pour le mode de chargement et de transport, on doit utiliser des convoyeurs qui sont des mécanismes ou machines permettant le déplacement des charges isolées ou des produits en vrac d'un point A à un point B.

III.6.3.1 Machines de chargement (Annexe 3.B.4)

Pour le chargement de minerai de phosphate dans la mine de Bled El Hadba, on a choisi d'utiliser des convoyeurs blindés « CATERPILLAR » (type CAT PF6 Line pan) (fig. III.9), placé dans chaque galerie secondaire. Ce choix a pour but :

- Supporte la chute des roches dans les entonnoirs ;
- L'accélération des travaux de chargement ;

- Capacité d'atteindre la production annuelle de 20 mt/an.

Les caractéristiques techniques de convoyeur blindé CATERPILLAR type CAT PF6 Line pan) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.3. Les caractéristiques techniques de convoyeur blindé CAT PF6 Line pan [46]

Caractéristiques techniques	Dimensions
Largeur	1 342 mm
Capacité de production	50 000 t/h
Épaisseur de la plaque du sommet	55 mm
Épaisseur de la plaque inférieure	30 mm



Figure III.9. Convoyeur blindé CAT PF6 Line pan [46]

III.6.3.2 Machine de transport

Pour le transport du minerai extrait, on doit utiliser des convoyeurs à bandes de haute capacité, destinés au transport dans les mines souterraines, ils sont de type « JOYGLOBAL », leurs objectif est de maximiser l'efficacité et la production. Notre choix de ce convoyeur dépend de leur capacité de transport qui varie de 0,001 t/h à 6000 t/h.



Figure III.10. Convoyeur à bande JOYGLOBAL [47]

-Vérification du choix de convoyeur à bande :

On prend une capacité de transport de 5000t/h ;

$$P_j = C_c \times N_h/j \quad (III.24)$$

N_h/j : nombre d'heur par jour ; $N_h/j = 16$ h/j

$$P_j = 5000 \times 16$$

$$P_j = 80000 \text{ t/j}$$

$$P_a = P_j \times N_j \quad (III.25)$$

N_j : nombre de jours ouvrable par année, $N_j = 250$ j/an

$$P_a = 80000 \times 250$$

$$P_a = 20\,000\,000 \text{ t/an}$$

Donc notre choix de convoyeur à bande a vérifié la production annuelle projetée.

III.7. Travaux préparatoires

Après le creusement des voies de roulage (galeries principale et secondaire), l'étape suivante consiste à l'ouverture des entonnoirs de soutirage. Il existe divers modes d'abattages, abattage à l'explosif, mécanique et spécial (abattage hydraulique et électro physique).

Le choix de mode d'abattage dépend des propriétés physiques, mécaniques principalement la dureté) et le degré de fissuration de la roche ainsi que la qualité de

l'ouvrage à préparer. Dans le cas de gisement de Bled El-Hadba, nous avons d'une part, l'ouvrage présente une forme d'entonnoir d'où la difficulté de le préparer par voie mécanique, et d'autre part, la dureté de la base du gisement égale à 5 selon M. PROTODIACONOVE, d'où la nécessité d'utiliser l'explosif comme alternatif pour l'ouverture des entonnoirs à la base du gisement.

On a deux types d'abattage à l'explosif, représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.4. Types d'abattage à l'explosif et les exigences d'utilisation [37].

Le type d'abattage	Les exigences d'utilisation
Par trou à faible profondeur	Longueur de 2 à 5 m
	Diamètre de 30 à 70 mm
Par trou profond	Longueur de 5 à 60 m
	Diamètre de 30 à 200 mm

III.7.1. Détermination du diamètre du trou

Pour le cas de Bled El-Hadba on a choisi d'utilisés l'abattage à l'explosif par des trous profonds en éventail (Fig.III.11), vu que l'abattage s'effectue dans des entonnoirs. Dont la profondeur de trou est de 9 m selon la hauteur de l'entonnoir.

Pour déterminer le diamètre de trou, la figure ci-dessous (Fig.III 12), montre la relation qui existe entre le diamètre du trou et la longueur de ce dernier. Pour une longueur de 9 m, et par la projection sur l'axe de diamètre on obtient un diamètre de trou de 51 mm.

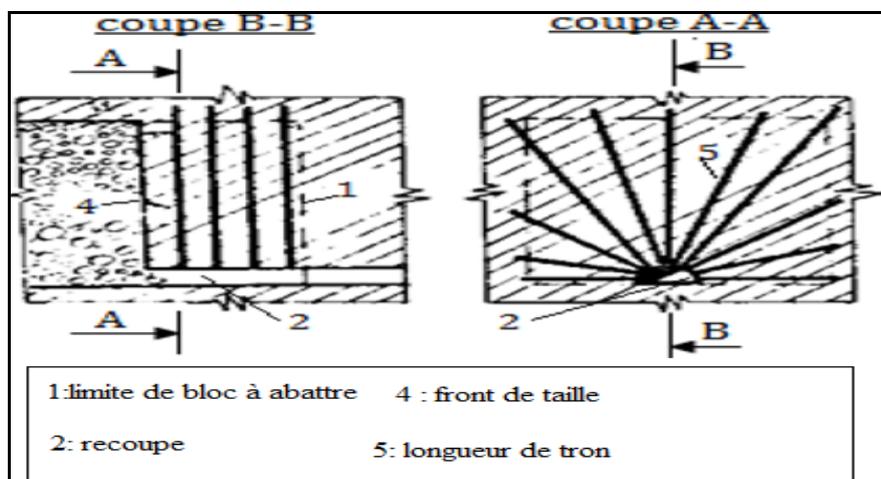


Figure III.11. Les trous en éventail [29]

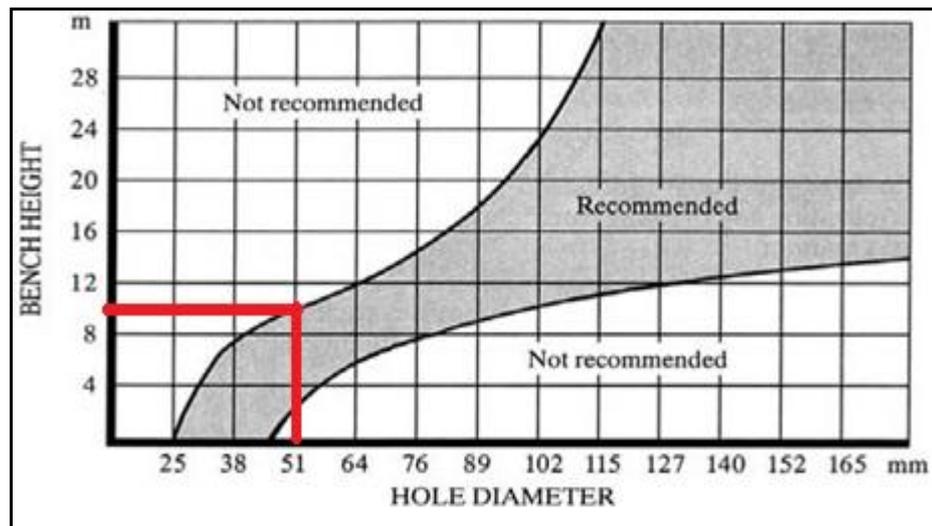


Figure III.12. Diamètre des trous en fonction de leurs longueurs [43].

III.7.2. Choix de type d'explosif (annexe 3.C)

Pour effectuer un bon choix de type d'explosif à utiliser pour abattre un bloc, les ingénieurs doivent prendre en compte les critères suivants :

- Les caractéristiques du minerai dans le massif.
- La présence d'eau dans le massif.
- Le diamètre et la longueur de trou.
- Les conditions technico-économique.

Pour l'abattage de minerai de phosphate de Bled El Hadba on utilise l'explosif marmanite 2 (produit par l'ONEXE) [48], vue que :

- Sa vitesse de détonation est de 4500 m / s.
- Elle est adaptée aux terrains à roche tendre à mi-dures.

III.7.3. Paramètres de tire

III.7.3.1. Consommation spécifique d'explosif

La consommation spécifique peut se déterminer par l'expression mathématique proposé par l'académicien B. Koutouzov ;

$$Q_{ex} = q_0 \times k_{ex} \times k_{dis} \times k_{cha} \times k_d \times k_{ltr} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (\text{III.26})$$

q_0 : Consommation spécifique étalon d'explosif, kg /m³

Généralement, elle est déterminée en fonction de la dureté de la roche à abattre, la largeur du front d'abattage et d'autres facteurs, L. Garodsky a proposé l'expression suivante :

$$q_0 = 0,065 \times f \quad (\text{kg} / \text{m}^3) \quad (\text{III.27})$$

Où :

f : Coefficient de dureté suivant la classification de M. Protodiakonov, $f = 5$

$$q_0 = 0,065 \times 5$$

$$q_0 = 0,325 \text{ kg/m}^3$$

K_{ex} : Coefficient de correction tenant compte de la capacité relative au travail des explosifs (caractéristiques des explosifs), **K_{ex} = 1,27**

k_{dis} : Coefficient de correction, tenant compte de la disposition des trous par rapport au front de taille.

Dans le cas d'une seule surface de dégagement et la disposition perpendiculaire des trous par rapport au front d'abattage, **k_{dis} = 1,4 ÷ 1,6**.

k_{cha} : Coefficient de correction, tenant compte du mode de chargement des trous en explosifs.

Si le chargement s'effectue par des moyens pneumatiques, **k_{cha} = 0,9 ÷ 0,95**

Si le chargement est manuel, **k_{cha} = 0,8 ÷ 0,85**

Dans notre cas, le mode de chargement s'effectue par moyen pneumatique, donc **k_{cha} = 0,9**

k_d : Coefficient de correction, tenant compte du diamètre du trou de mine. On peut le déterminer par la formule empirique suivante :

$$k_d = (Dt / 0,042)^{nf} \quad (\text{III.28})$$

Dt : diamètre de trou, $Dt = 51 \text{ mm}$

nf : (0,3 ÷ 0,5) : Coefficient de correction tenant compte du degré de fissuration ;

$nf = 0,3 \Rightarrow$ pour les roches exclusivement fissurées,

$nf = 0,4 \Rightarrow$ pour les roches moyennement fissurées,

$nf = 0,5 \Rightarrow$ pour les roches monolithiques.

Pour notre cas, $nf = 0,4$, donc :

$$k_d = (0,051 / 0,042)^{0,4}$$

$$k_d = 1$$

k_{ltr} : Coefficient de correction tenant compte de la profondeur du trou de mine.

$Ltr = 1m \Rightarrow k_{ltr} = 1,3$; $Ltr = 3m \Rightarrow k_{ltr} = 1,0$; $Ltr = 5m \Rightarrow k_{ltr} = 0,8$; $Ltr = 9m \Rightarrow k_{ltr} = 0,7$

Ltr : profondeur de trou

A.N :

$$Q_{ex} = 0,325 \times 1,27 \times 1,6 \times 0,9 \times 1 \times 0,7$$

$$Q_{ex} = 0,41 \text{ kg/m}^3$$

III.7.3.2. Ligne de moindre résistance

La ligne de moindre résistance est déterminée par l'expression mathématique, établis, et proposé par L. Baron :

$$w_r = Dt \sqrt{\left(\frac{0,785 \times \Delta \times k_{tch}}{m_r \times Q_{ex}} \right)} \quad (m) \quad (III.29)$$

Δ : Densité des explosifs pendant le chargement (caractéristiques des explosifs). La densité de la marmanite 2 est 1050 kg/m^3

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

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

$m_r = 0,8$ à $1,2$

$m_r = 0,8$ pour les roches très dures, ($f > 12$)

$m_r = 1$ pour les roches dures, ($6 < f \leq 12$)

$m_r = 1,2$ pour les roches assez dures, ($f \leq 6$)

$$w_r = 0.051 \sqrt{\left(\frac{0,785 \times 1050 \times 0,6}{1,2 \times 0,41} \right)}$$

$$W_r = 1,6 \text{ m}$$

III.7.3.3. Distance entre deux trous dans un éventail

$$a = (1,2 \div 1,5) W_r \quad (\text{III.30})$$

$$a = 1,2 \times 1,6$$

$$a = 1,92 \text{ m}$$

III.7.3.4. Longueur minimale de bourrage

$$L_b = (0,5 \div 0,7) W_r \quad (\text{m}) \quad (\text{III.31})$$

$$L_b = 0,5 \times 1,6$$

$$L_b = 0,8 \text{ m}$$

III.7.3.5. Distance entre deux éventails

$$b = (0,7 \div 1,1) w_r \quad (\text{m}) \quad (\text{III.32})$$

$$b = 0,7 \times 1,6$$

$$b = 1,12 \text{ m}$$

III.7.3.6. Nombre de trous dans un éventail

$$N \leq \left[1,75 \sqrt{\frac{S}{a}} \right] + 1 \quad (\text{trous}) \quad (\text{III.33})$$

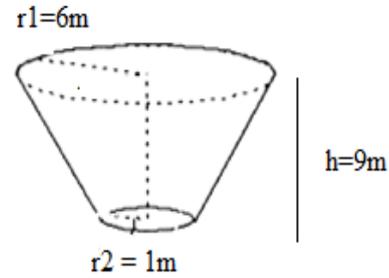
S : surface occupée par l'éventail

$$S = \pi (r_1 + r_2) \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + h^2} \quad (\text{m}^2) \quad (\text{III.34})$$

r_1 : rayon supérieur de l'entonnoir, $r_1 = 6 \text{ m}$

r_2 : rayon inférieur de l'entonnoir, $r_2 = 1 \text{ m}$

h : hauteur de l'entonnoir. $h = 9 \text{ m}$



$$S = 3,14 (6 + 1) \sqrt{(6 - 1)^2 + 9^2}$$

$$S = 226,3 \text{ m}^2$$

$$N = \left[1,75 \sqrt{\frac{226,3}{1,92}} \right] + 1$$

$$N = 20 \text{ trous}$$

III.7.3.7. Longueur totale forée dans un éventail

$$L_f = 1,75 \left(\frac{S}{a} \right) \quad (\text{m}) \quad (\text{III.35})$$

$$L_f = 1,75 \left(\frac{226,3}{1,92} \right)$$

$$L_f = 206,26 \text{ m}$$

III.7.3.8. Disposition des trous dans un entonnoir

La disposition des trous dans un entonnoir est représentée sur la figure III.13 ci-dessous

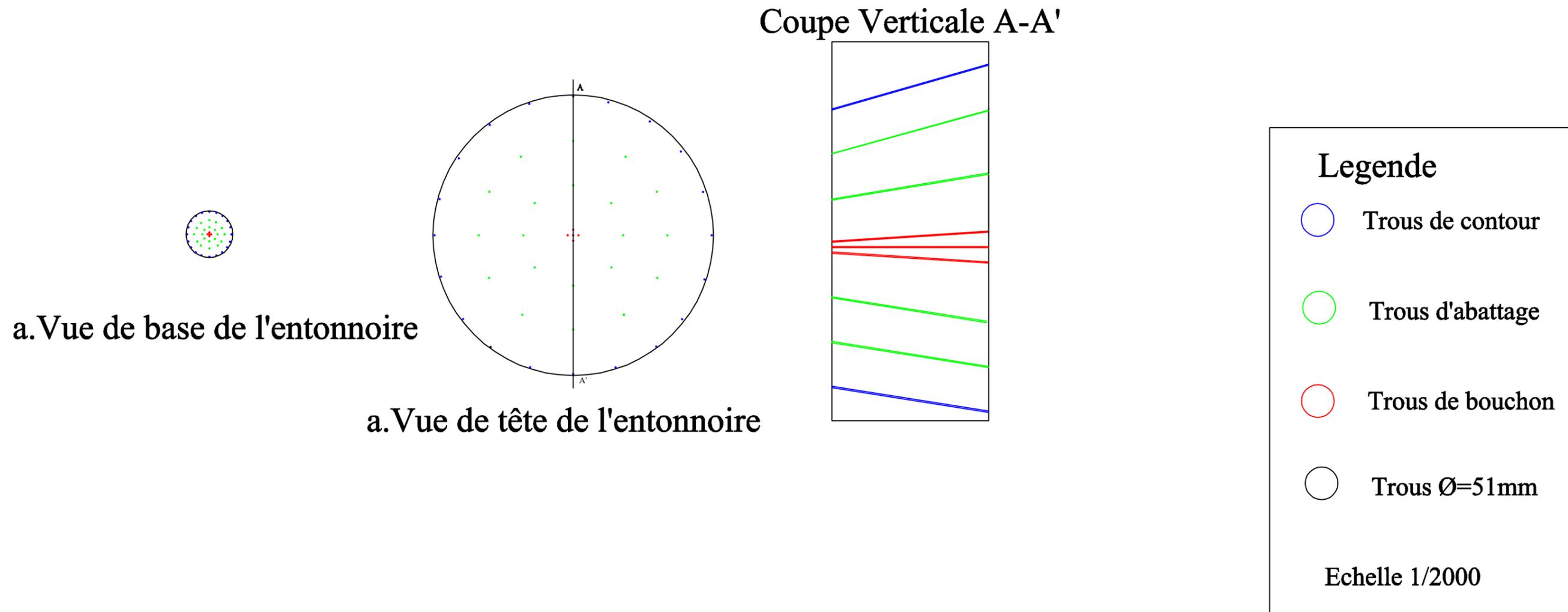


Figure III.13. Désposition des trous de mine dans l'entonnoire

III.8. Travaux d'extraction

L'exploitation par foudroyage de blocs nécessite une planification à long terme et des travaux préparatoires importants. Les travaux varient d'une mine à l'autre, les étapes qui suivent la préparation des entonnoirs comprennent généralement :

Le sous-cavage du bloc ;

Le creusement de cheminées pour la descente du minerai aux points de soutirage,

L'installation de cribles pour retenir les fragments trop gros et le chargement dans les convoyeurs.

Le processus d'exploitation commence d'abord par la descente du minerai par gravité qui est soumis à son tour par des fortes pressions des terrains.

III.8. Plan d'exploitation de la mine de Bled El-Hadba

Dans ce qui suit, nous présentons le plan général d'exploitation de la mine, dont nous avons divisé le gisement en quartiers qui sont divisés à leurs tours en panneaux de 50 mètres de longueur et 24 mètres de largeur. Le plan suivant présente la partie souterraine de la mine de Bled El-Hadba, avec la précision des différents ouvrages souterrains, à savoir, les galeries principales qui séparent les différents quartiers, les galeries secondaires (pour avoir des panneaux et/ou blocs), et les entonnoirs de soutirage.

L'exploitation du gisement se fait par panneaux, après l'épuisement du premier quartier, on réalise une nouvelle galerie au jour principale pour la préparation de la suivante base d'exploitation.

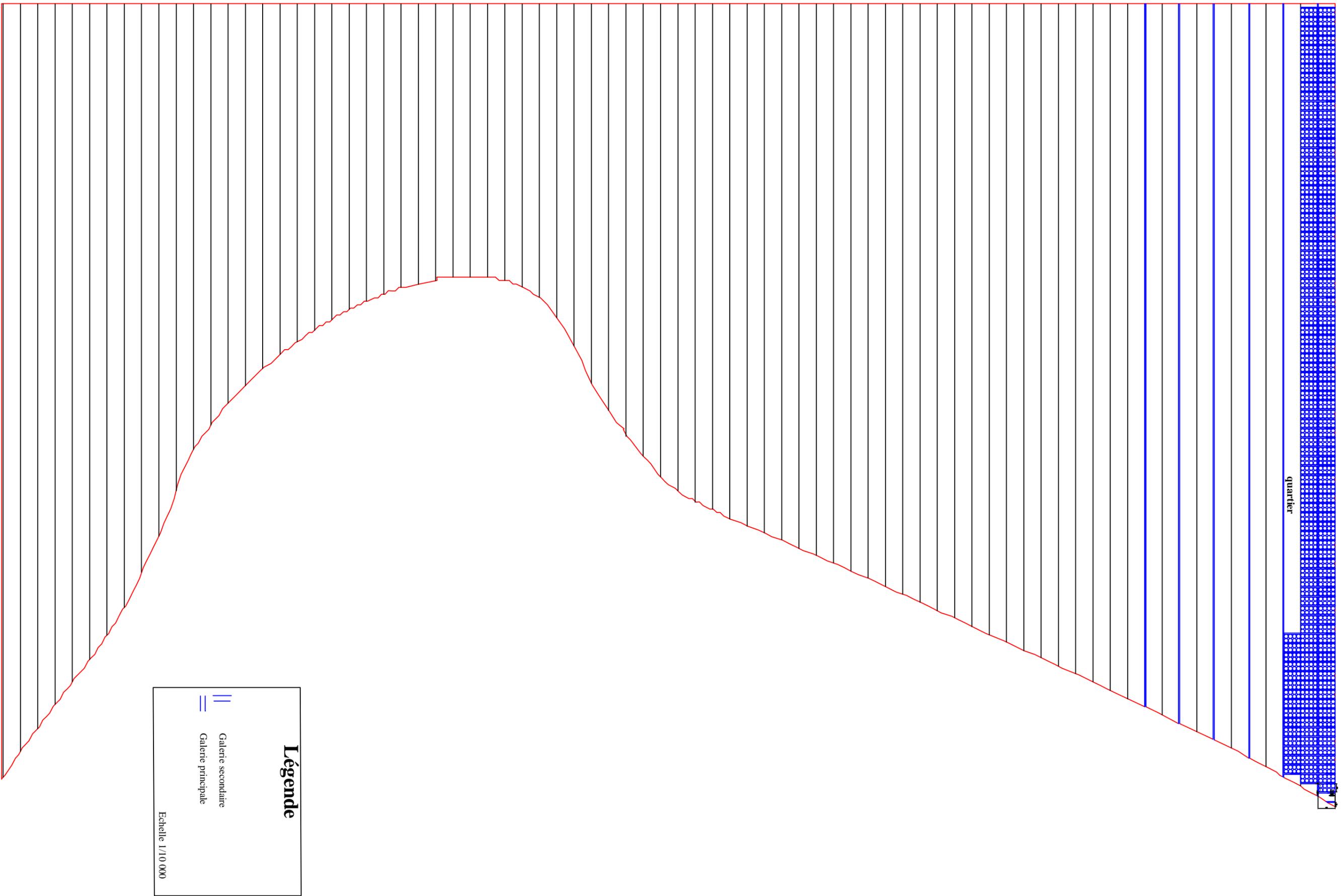


Figure III.14. Plan d'exploitation du gisement de Bled El Hadba.

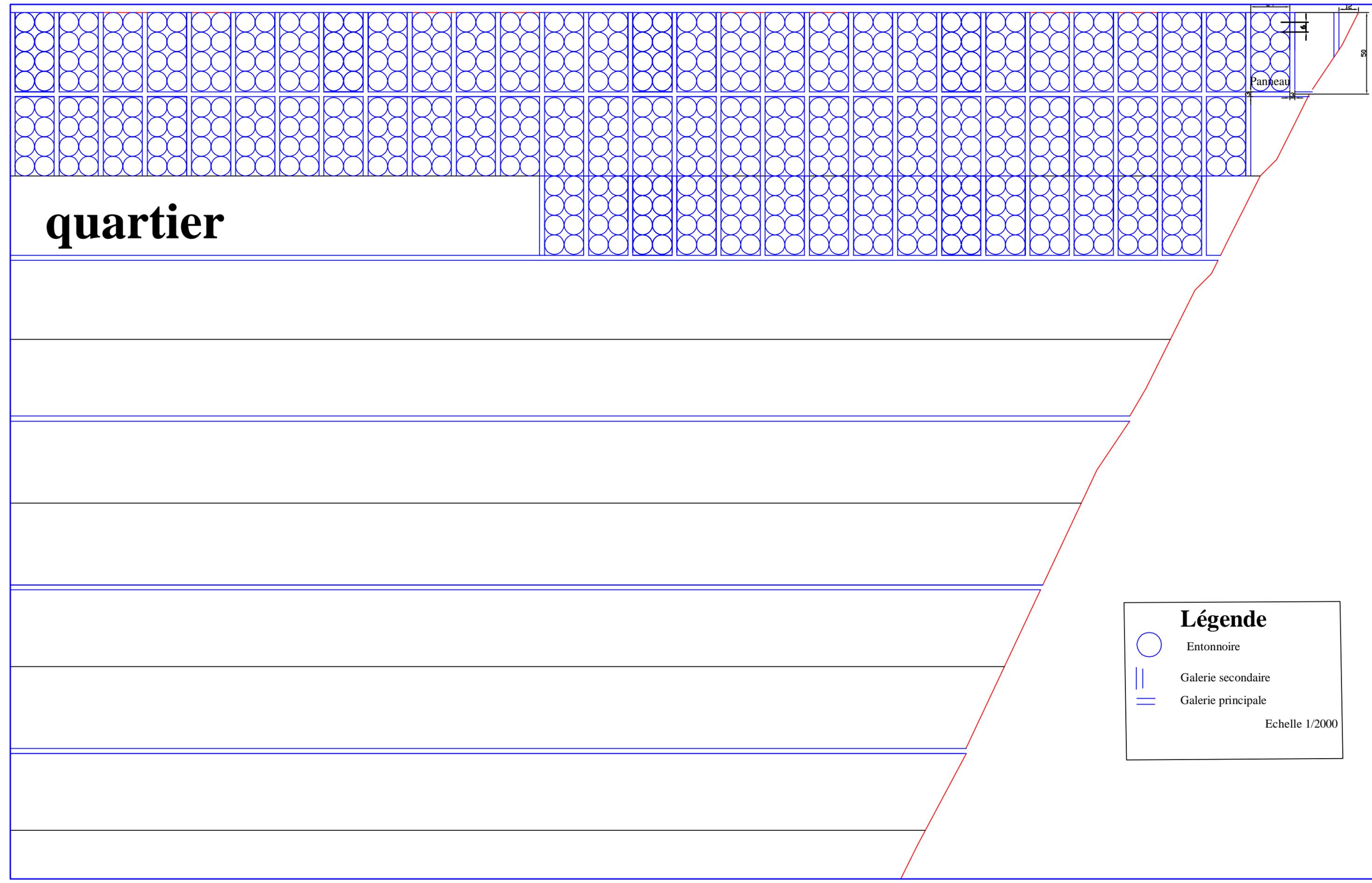
quartier

Panneau

Légende

- Entonnoire
- Galerie secondaire
- Galerie principale

Echelle 1/2000



Conclusion

L'exécution du foudroyage de blocs est une méthode peut couteuse et productive. La difficulté réside dans la prédiction du comportement du massif. De plus, l'envergure (étendue) des travaux préparatoires créent des délais importants avant le début de la production, délais qui peuvent avoir un effet négatif sur les projections financières des investisseurs.

Conclusion générale

Le sujet que nous avons abordé dans ce travail est l'étude de l'exploitation de la partie souterraine de la mine de phosphate de Bled El Hadba (Wilaya Tébessa). Et cela, de son ouverture jusqu'au transport du minerai en passant par l'exploitation et l'extraction.

Au cours de notre travail on a pu lier la théorie à la pratique, ce qui nous a permis de tirer les constatations suivantes :

La connaissance détaillée de la nature et la structure du terrain à exploité nous a permis de trouver que, d'une manière générale, le gisement de phosphate de Bled El Hadba est un gisement sédimentaire d'âge Thanétien supérieur, d'une épaisseur de 30 m, formé par la superposition des couches phosphatées.

Les réserves de ce gisement sont assez importantes en minerai de phosphate, ce qui nous a menés à étudier le processus de son exploitation.

En se référant aux domaines d'emploi des différentes méthodes d'exploitation souterraine, le choix rationnel en relation avec les perspectives d'augmenter la production des phosphates à plus de 20 Mt par an, est la technique de foudroyage des blocs.

Après le choix de la méthode d'exploitation, on a déterminé une limite de 150 m de profondeur sur laquelle cette exploitation souterraine débute, et cela à partir de la partie qui va être exploitée à ciel ouvert.

Les réserves exploitables par la méthode souterraine sont estimées à environ 44 millions de mètres cube.

Le mode d'ouverture de la méthode par foudroyage de blocs s'effectue par galerie au jour maintenue d'une section de 6,25 m², creusée mécaniquement à l'aide des haveuses.

Pour les travaux de développement on réalise à partir des galeries principales des panneaux séparés l'un de l'autre par des galeries secondaire. Ces dernières sont connectées à des entonnoirs remplis de minerai abattu, pour se transporté par des convoyeurs blindés reliés à des convoyeurs à bande pour faciliter le mode de transport et atteindre l'objectif visé.

L'exploitation par la méthode de foudroyage des blocs nécessite des investissements à grande envergure, ce qui nous a fait penser d'exploité le sable siliceux existant dans la partie

supérieure des couches phosphatées, d'où l'augmentation des revenus de l'entreprise et la justification des investissements.

Recommandations

Pour l'exploitation de phosphate de la mine de Bled El-Hadba, on aura besoin des études et travaux complémentaires sur le site Bled El-Hadba est recommandée à savoir :

1. Une étude détaillée de la base du gisement (sous la minéralisation).
2. Le dimensionnement du soutènement pour garantir la stabilité des galeries.
3. Etude détaillée de l'aération dans les fronts de taille et dans les parties de soutirage de minerai.
4. Structure des coûts pour l'exploitation souterraine (les investissements), afin d'évaluer la rentabilité économique de la mine de Bled El-Hadba.
5. Modalisation de la cuvette d'affaissement à la surface et son impact sur l'environnement (en faisant une comparaison avec celle de l'exploitation à ciel ouvert).
6. Élargissement de la surface à explorer (contenant l'exploration des parties où la couche phosphatée plonge dans le sous-sol).
7. La valorisation du sable siliceux, et la préparation de son exploitation par la suite (l'utilisation des mêmes ouvrages souterrains utilisés pour l'exploitation du phosphate ce qui donne plus de bénéfices).
8. Évaluer les réserves en sable siliceux, afin de l'exploiter par la suite une fois la base du gisement est découpée en entonnoirs.

Bibliographie

- [01]. **Smirnov V.**, Géologie des minéraux utiles, Edition Mir Moscou, 1982.
- [02]. **FERPHOS.**, La minéralurgie des phosphates, procédés et réalisation, Étude technico-économique, Mai 2000, Inédit.
- [03]. **Dumon R.**, Le phosphore et les composés phosphorés (propriétés-utilisations), Edition Masson, France, 1980
- [04]. **Françoise , Francis A.**, Les gisements de phosphate de Gafsa, Tunisie., Mars 2013.
- [05]. **Camille A.**, Les vertébrés fossiles des gisements de phosphate : Maroc, Algérie, Tunisie. Paris 1952.
- [06]. **Prian, Cortil.**, Étude de développement du gisement de phosphate de Dj. Onk (Algérie), Rapport d'expertise géologique BRGM, 1993, Inédit.
- [07]. **DMT.**, Étude de faisabilité, 2016, Inédit
- [08]. **ORGM.**, Rapport final sur les résultats des travaux d'exploration des phosphates du gisement de Bled El Hadba (2012-2014),. 2015, Inédit
- [09]. **Saadoune A.**, Caractérisation et enrichissement du minerai phosphaté de Djebel Onk (W. TEBESSA), Mémoire de master Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Minier, École Nationale Polytechnique Département de Génie Minier. 2010.
- [10]. **Boucif R, Tamourt M.**, Étude de stabilité du flanc Nord de la mines de Kef Essnoun-Tébessa, Mémoire de master pour l'obtention du diplôme en Mines Option : Exploitation minière, Université Abd Erahmen Mira Bejaia, 2015.
- [11]. **Gadri L.**, The quarriers edges stability in opencast mines, a case study of the Jebel Onk phosphate mine. NE, Algeria, 2015
- [12]. Plan d'exploitation Bled el Hadba 2010, Inédit
- [13]. **ORGM.**, Mémoire sur l'impact des travaux d'exploitation des phosphates de Bled El Hadba, Wilaya Tébessa, 2012, Inédit.

-
- [14]. **Chabou-Mostefaï S.**, Étude de la série phosphatée tertiaire du Djebel Onk, Algérie, Stratigraphie, Pétrographie, Minéralogie et Analyse Statistique, Thèse Doctoral, Université droit, d'économie et des sciences d'AIX-MARSEILLE, 1987
- [15]. **Boudries A.**, Étude géologique et géostatistique de l'Uranium (U) dans le gisement de phosphate de Kef Es Sennoun (Algérie orientale), Mémoire pour l'obtention du diplôme de MAGISTER ; Option Recherche et Prospection des Ressources Minérales et Énergétiques. Université Badji Moukhtar-Annaba, 2008.
- [16]. **Cielinskis, Al.**, Travaux de prospection et d'évaluation des phosphates de la région de Bled El Hadba, EREM 1985-1987, Inédit.
- [17]. **Visse L.**, Le gisement de phosphate de chaux de Djebel Onk, Rapport interne, 1951.
- [18]. **Cielensky, Benchernine, EREM**, Travaux de prospection et d'évaluation des phosphates dans la région de Bir El Ater, Rapport interne EREM, 1987.
- [19]. **Kechiched R.**, Typologie géochimique et géostatistique des minerais de phosphates du gisement de Bled El Hadba-Djebel Onk (Algérie oriental), Mémoire pour l'obtention du diplôme de MAGISTER en : Les gisements des substances utiles : géologie et développement, Université Badji Moukhtar-Annaba, 2011.
- [20]. **FERPHOS.**, Etude hydrogéologique de la possibilité aquifère dans la région semi-aride de Bled El Hadba, 2009, Inédit.
- [21]. **Harimalala T.**, Évaluation environnementale stratégique des activistes minières à MADAGASCAR, Université d'Antananarivo, école supérieur polytechnique d'Antananarivo, 2004.
- [22]. **Chibka N.**, Exploitation des gisements métallifères, Université d'Annaba, Office des publications universitaires, Hydra Alger.
- [23]. **Toukal R.**, Vocabulaire de la mine souterraine, Edition : société de l'industrie minérale–ST Etienne.
- [24]. **Partha S.**, Coal and metal (surface and underground) mining an overview.
- [25]. **Slimane K, Kharfallah N.**, Évaluation et critique de la stratégie de gestion des rejets miniers, (Cas de la mine de Boucaid – Tissemsilt), Mémoire de master pour l'obtention du diplôme en Mines, Option : Exploitation Minière Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2016.

-
- [26]. **Tatarinov P.**, Conditions de formation des gisements de minerais (métallique et non métalliques), Annales du service d'information géologique du BRGM, numéro 36 de janvier 1959. 1955.
- [27]. **Melloul D.**, Méthodologie d'analyse de la stabilité des piliers d'une mine exploitée par chambres et piliers « Cas de la mine de Chaabet EL Hamra », Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Minier, École nationale supérieure polytechnique, 2009.
- [28]. **Larachi N.**, Méthode d'exploitation des lentilles puissantes de la mine de Chabet El Hamra (W.Sétif), Mémoire de PFE, ENP, Alger 2001.
- [29]. **Peter D.**, SME Mining Engineering Handbook, Third Edition, 2011.
- [30]. **Khalfi A, Taleb C.**, Contribution à l'étude d'impact environnemental de l'exploitation minière souterraine et de rejets de traitement (Cas de la mine de Chaabet El-Hamra, Ain Azel, Wilaya de Sétif), Mémoire pour l'obtention du diplôme master académique (Option : Géorressources et Substances Utiles), Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen, 2014.
- [31]. **Vidal V.**, Exploitation des mines Tom III, Edition DUNOD paris 1962.
- [32]. **Mouhamed M.**, Les nouvelles méthodes de modélisations numérique 'V"II'CB et le volume d'influence des exploitations minières en conditions complexes, Thèse pour de l'obtention du grade de Docteur de l'I.N.P.L. Génie Civil et Minier, Institut national polytechnique de Lorraine-laboratoire de mécanique des terrains (École des mines de NANCY), 1993.
- [33]. Fiche technique, Caterpillar to supply two complete long wall top coal caving systems to mine in Turkey, 2007
- [34]. **Hamrin H.**, Underground mining methods and applications.
- [35]. **Damien.**, Techniques d'exploitation et économie de projets miniers, Centre de Géosciences, mines Paris Tech École Thématique Ressources minérales, 2012.
- [36]. **Marc K.**, Étude comparative de l'exploitation de la zone 1 dans les niveaux supérieurs à 475 par cut and fill et par sublevel caving. Mine souterraine de KAMATO, Université de MBUIJIMAYI - Ingénieur civil des Mines, 2011.

- [37]. Mining methods in unground mining, second Edition, Atlas Copco, 2007
- [38]. **Frédéric P.**, Les nouvelles technologies au service du dimensionnement d'exploitations souterraines, Article sur les carrières et mines souterraines, 2014.
- [39]. **Ricolvi M.**, Etude de développement du gisement de phosphate de Djebel Onk, Algérie, Rapport d'expertise hydrogéologique, BRGEM, 1994.
- [40]. Fiche technique, Catalogue SANDVIC, Alpin Continuous Miner ACM10.
- [41]. **Breeds CD, Conway J.J.**, Rapid excavation, Second Edition, Volume 1, SME Mining Engineering Handbook, chapter 22.1, (page 1871-1907), 1992.
- [42]. **Fiche technique**, Catalogue SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION (Sandvik Cutting Attachment MA720).
- [43]. **Matti H.**, Rock excavation handbook.
- [44]. **Boky B.**, Exploitation des mines, Edition Mir, Moscou, 1968.
- [45]. Fiche technique, Catalogue Sandvik Mining and Construction reserves the right to change this specification without further notice. Sandvik Mining and Construction Lyon. Meyzieu Cedex, France .2011.
- [46]. Fiche technique, Catalogue Caterpillar, Armored Face Conveyor Systems, 2017.
- [47]. Fiche technique, Catalogue JOYGLOBAL, Convoyeur à bande/mobile/à haute capacité.
- [48]. **ONEX.**, office national des substances explosives, fiche technique des propriétés et caractéristiques des explosifs, présentation des produit de l'entreprise.

Annexe 1

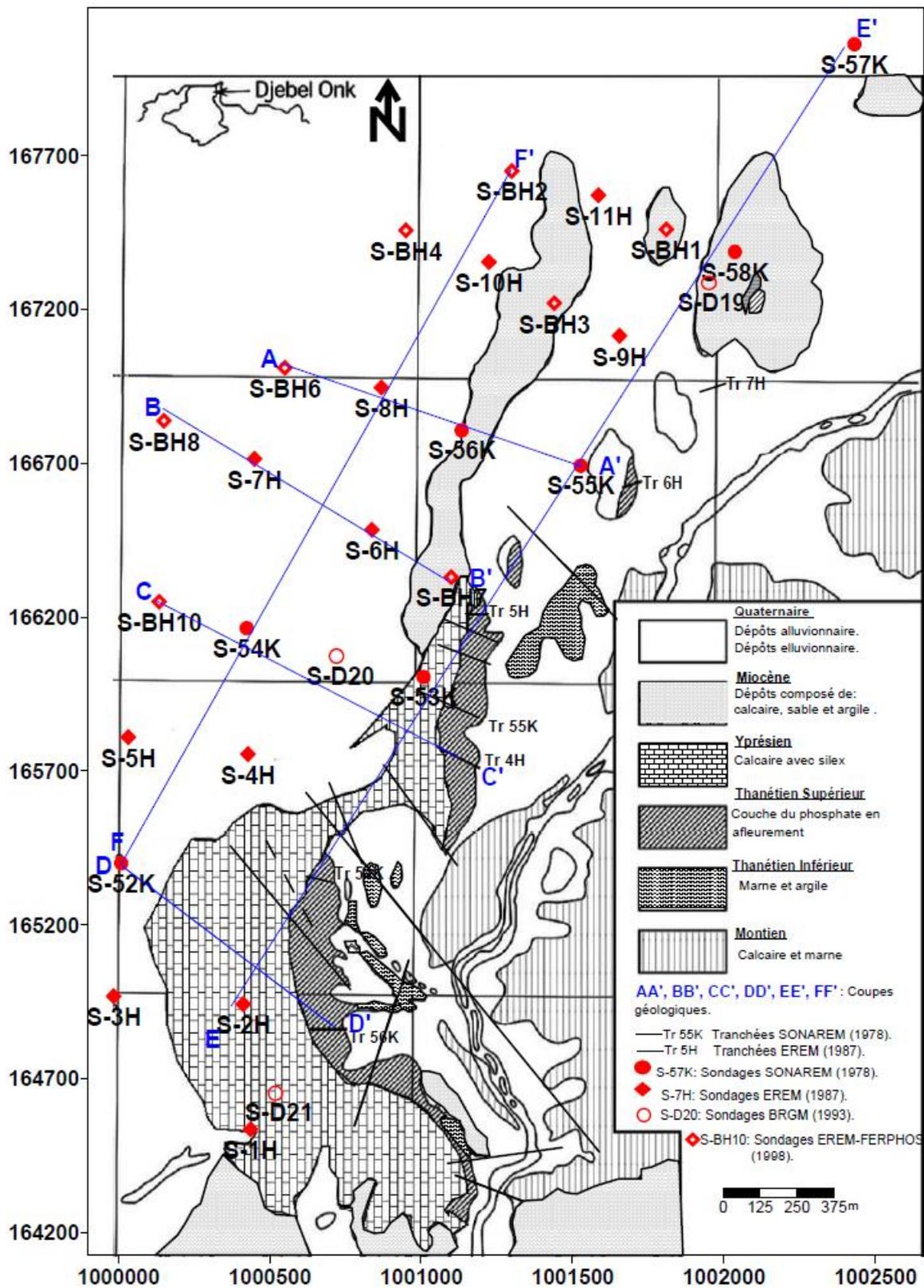


Figure 01 : Carte géologique du gisement de Bled El Hadba (Cielensky et Benchernine, 1987).

Annexe 2

Figure 01 : Cartes montrant la morphologie de la couche basale (IIM) du gisement de Bled El Hadba.

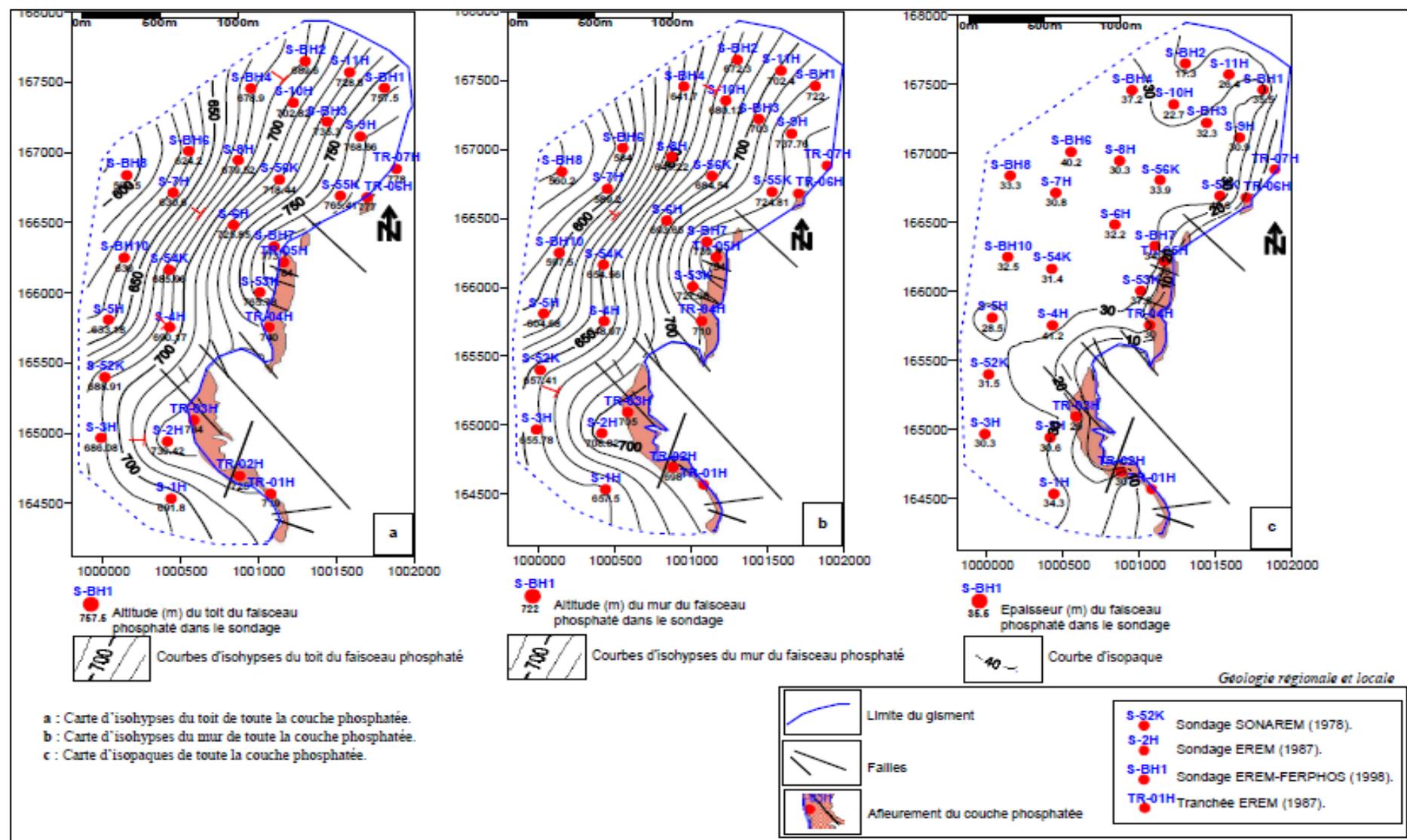
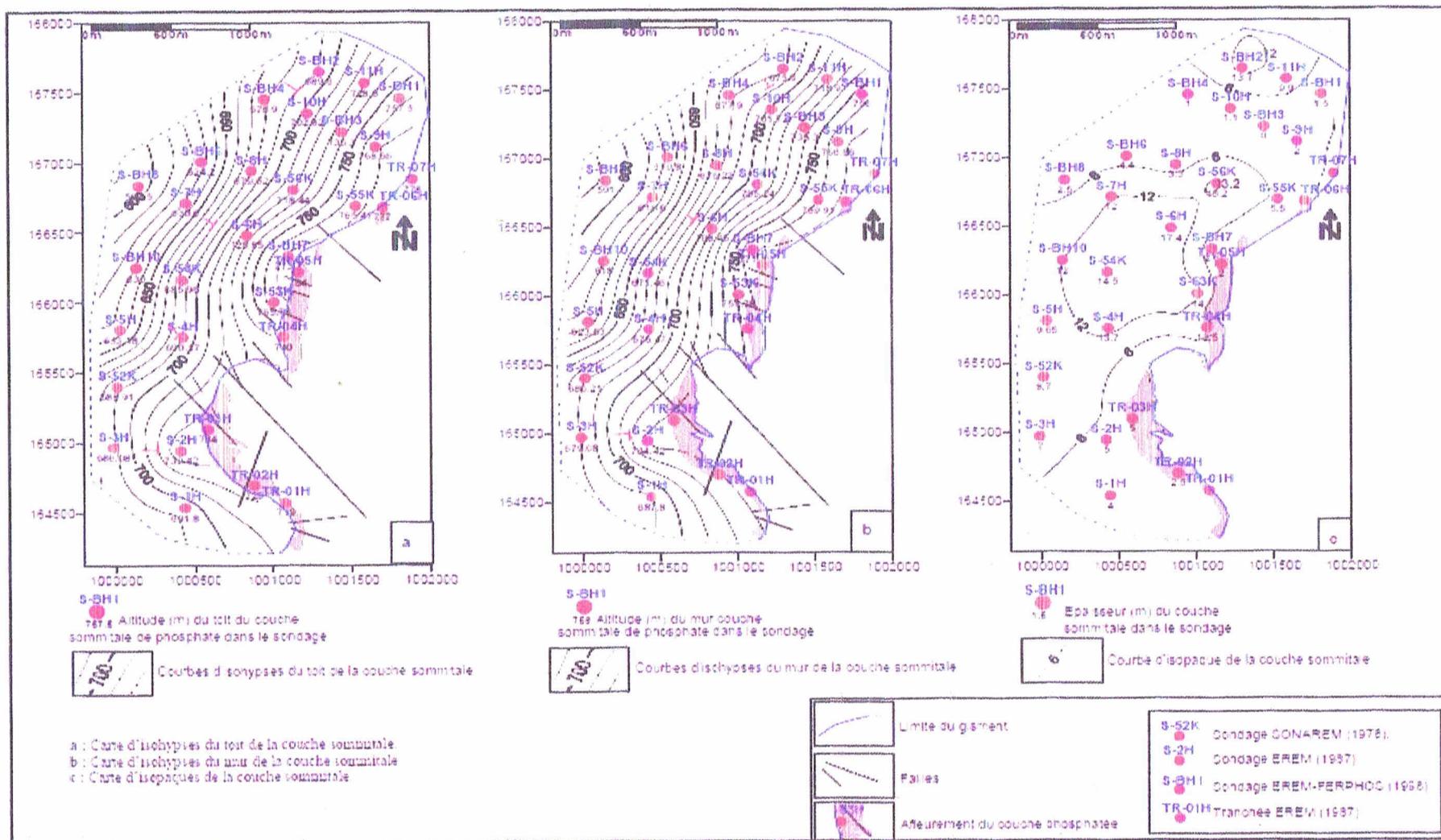


Figure 02 : Cartes montrant la morphologie de la couche sommitale (IIT) du gisement de Bled El Hadba



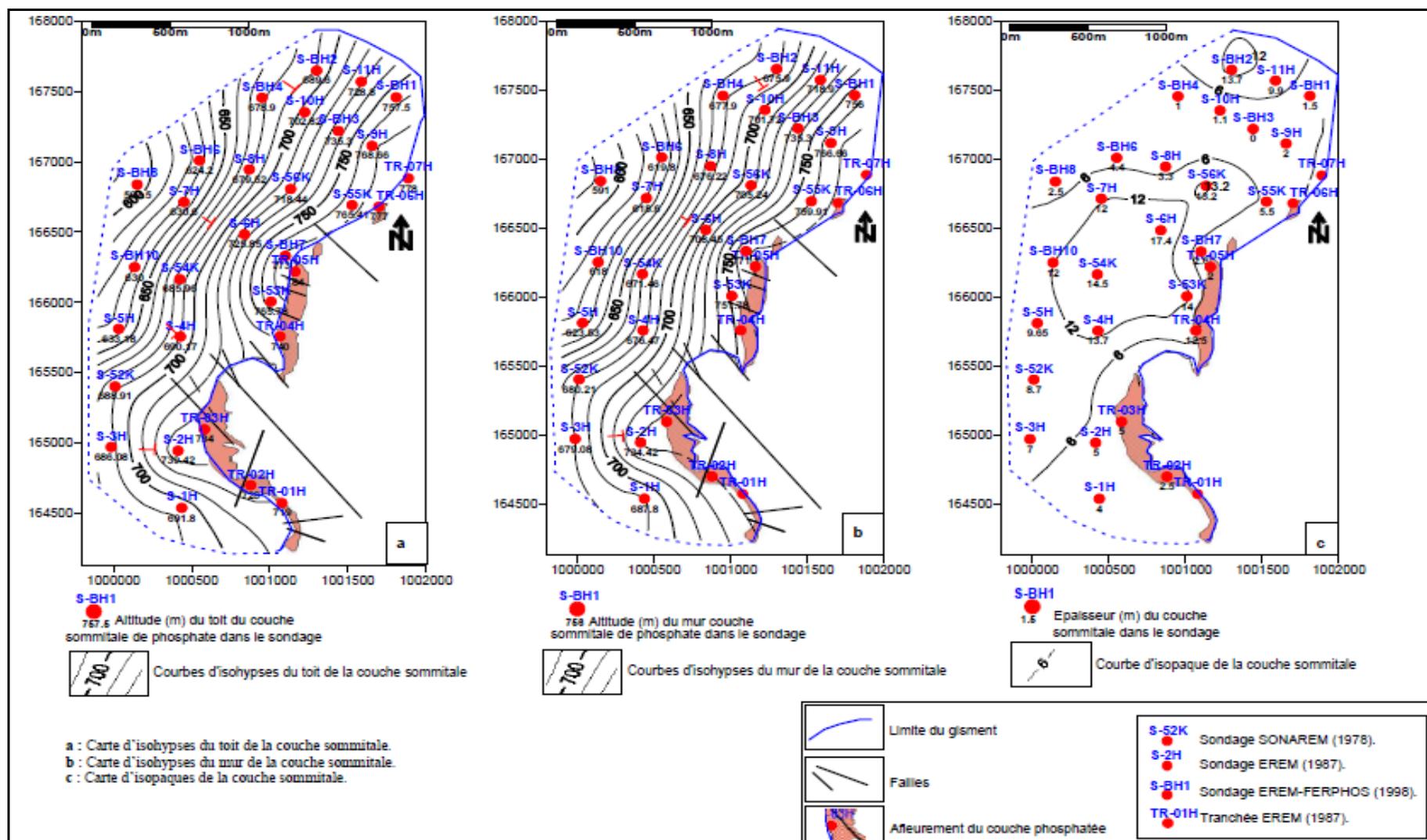


Figure 03 : Cartes montrant la morphologie de la couche principale (IA + IB) du gisement de Bled El Hadba

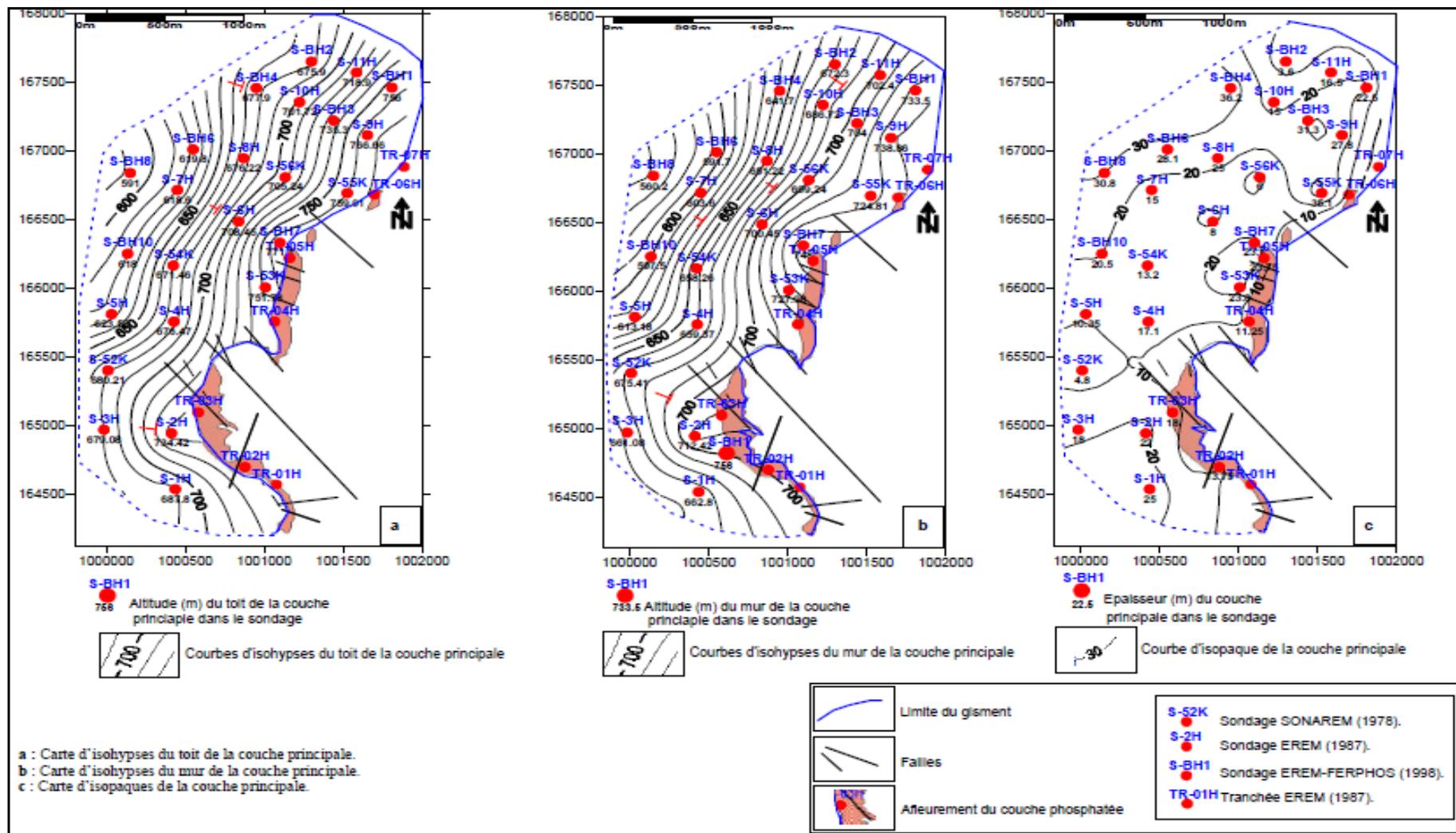
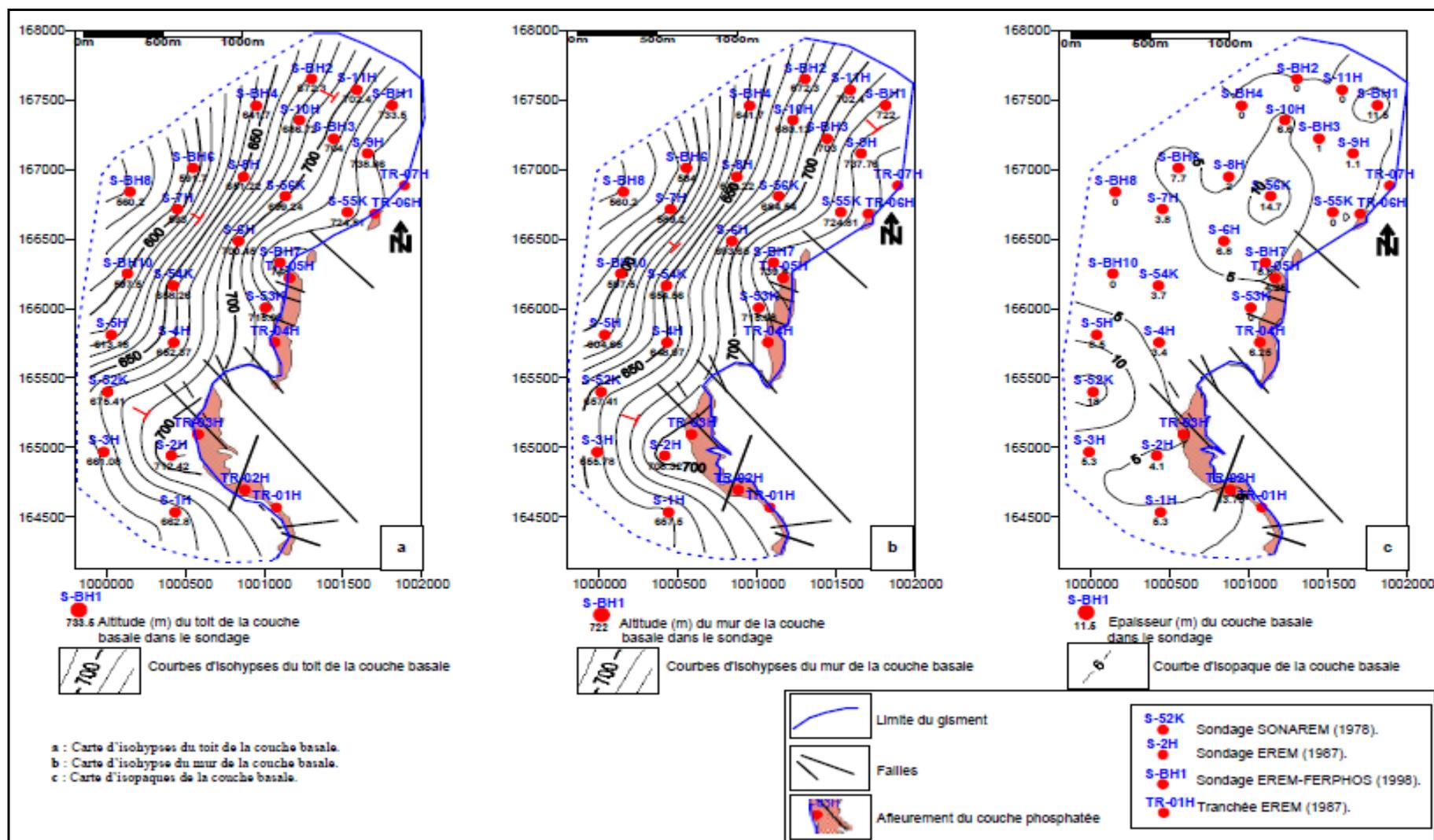


Figure 04 : Cartes montrant la morphologie de la couche basale (IIM) du gisement de Bled El Hadba.



Annexe 03 :

Annexe 03.A.

Tableau 01. Les caractéristiques des sondages réalisés en 2012-2014 à Bled El Hadba avec le calcul de la profondeur.

c	Sondage	X	Y	Zs	prof	Zm	z st	Zm- Zst
1	SPH01	422 951,71	3 833 827,00	745,22	324,5	420,72	595,22	-174,5
2	SPH02	422 461,35	3 833 873,81	727,39	336	391,39	577,39	-186
3	SPH03BIS	422 228,67	3 834 344,45	729,15	209,5	519,65	579,15	-59,5
4	SPH04	422 026,84	3 834 772,48	729,14	194,6	534,54	579,14	-44,6
5	SPH05	422 054,66	3 835 168,99	727,63	168,9	558,73	577,63	-18,9
6	SPH06	422 056,39	3 835 552,37	728,27	178,7	549,57	578,27	-28,7
7	SPH07	422 092,35	3 835 947,81	732,07	238,5	493,57	582,07	-88,5
8	SPH08	422 061,60	3 836 364,53	729,18	259	470,18	579,18	-109
9	SPH09	422 249,86	3 836 929,51	732,11	253,7	478,41	582,11	-103,7
10	SPH10	422 739,08	3 837 315,32	736,61	222,2	514,41	586,61	-72,2
11	SPH11	423 052,38	3 837 675,40	741,3	213,6	527,7	591,3	-63,6
12	SPH12	421 965,36	3 833 965,11	722,11	372	350,11	572,11	-222
13	SPH13	421 466,37	3 834 654,08	718,87	266,3	452,57	568,87	-116,3
14	SPH14	421 409,94	3 835 364,06	716,86	250,5	466,36	566,86	-100,5
15	SPH15	421 670,24	3 836 192,53	723,61	303	420,61	573,61	-153
16	SPH16	421 675,60	3 835 002,70	719,43	210,4	509,03	569,43	-60,4
17	SPH17	421 677,01	3 835 784,28	722,79	232,7	490,09	572,79	-82,7
18	SPH18BIS	421 672,36	3 836 657,11	730,03	336	394,03	580,03	-186
19	SPH19	422 351,03	3 837 331,72	740,27	255	485,27	590,27	-105
20	SPH20	423 224,60	3 834 207,85	750,99	129,1	621,89	600,99	20,9
21	SPH21	422 737,86	3 834 289,41	740,2	168	572,2	590,2	-18
22	SPH22	422 501,59	3 834 679,15	741,73	137,1	604,63	591,73	12,9
23	SPH23	422 400,56	3 834 921,38	739,08	131	608,08	589,08	19
24	SPH24	422 415,54	3 835 322,04	737,49	128	609,49	587,49	22
25	SPH25	422 450,36	3 835 712,27	738,41	189	549,41	588,41	-39
26	SPH26	422 584,49	3 835 899,77	741,45	184,9	556,55	591,45	-34,9
27	SPH27	422 589,90	3 836 303,01	740,94	207,1	533,84	590,94	-57,1
28	SPH28BIS	422 724,39	3 836 505,44	744,29	195,5	548,79	594,29	-45,5
29	SPH29	422 759,38	3 836 893,31	741,1	208,9	532,2	591,1	-58,9
30	SPH30	423 130,39	3 837 051,34	749,32	174,8	574,52	599,32	-24,8
31	SPH31	423 408,19	3 837 435,16	755,81	165	590,81	605,81	-15
32	SPH32	423 807,66	3 837 597,77	767,14	142,5	624,64	617,14	7,5
33	SPH33	423 590,20	3 834 346,74	765,63	17,1	748,53	615,63	132,9
34	SPH34	422 991,14	3 834 631,18	757,91	13,6	744,31	607,91	136,4
35	SPH35	422 885,51	3 834 385,32	747,63	130	617,63	597,63	20
36	SPH36	422 886,56	3 834 851,87	759,18	83,5	675,68	609,18	66,5

37	SPH37	422 775,40	3 835 073,74	755,41	94	661,41	605,41	56
38	SPH38	423 014,68	3 835 035,47	774,35	84,2	690,15	624,35	65,8
39	SPH39	422 901,07	3 835 265,63	757,9	83,4	674,5	607,9	66,6
40	SPH40	422 811,21	3 835 477,64	750,84	112,1	638,74	600,84	37,9
41	SPH41	423 208,67	3 835 461,40	767,96	73	694,96	617,96	77
42	SPH42	422 935,89	3 835 661,21	754,41	134,5	619,91	604,41	15,5
43	SPH43	423 081,87	3 835 847,99	752	121,4	630,6	602	28,6
44	SPH44	423 317,04	3 835 818,65	760,43	91,7	668,73	610,43	58,3
45	SPH45	423 568,76	3 835 790,59	768,56	66	702,56	618,56	84

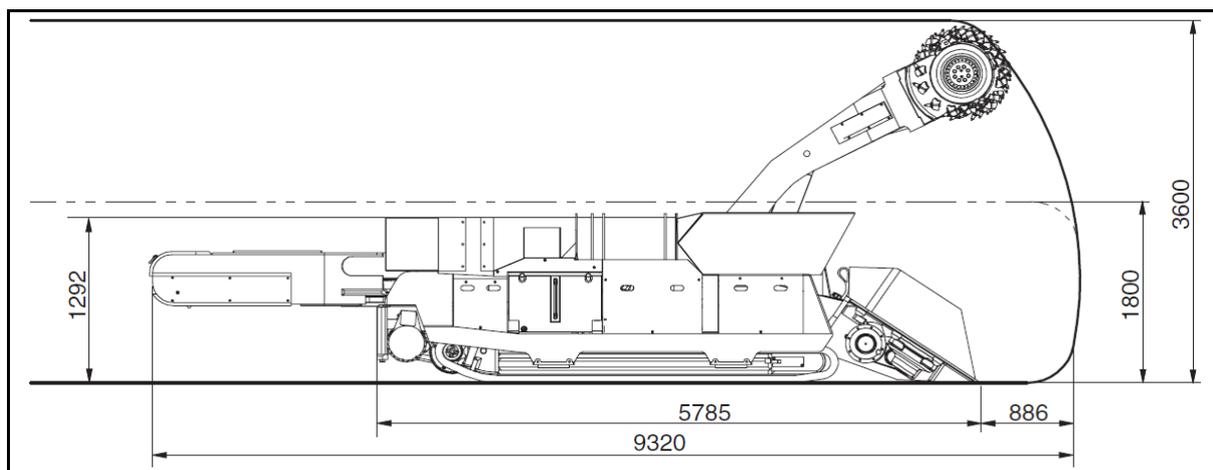
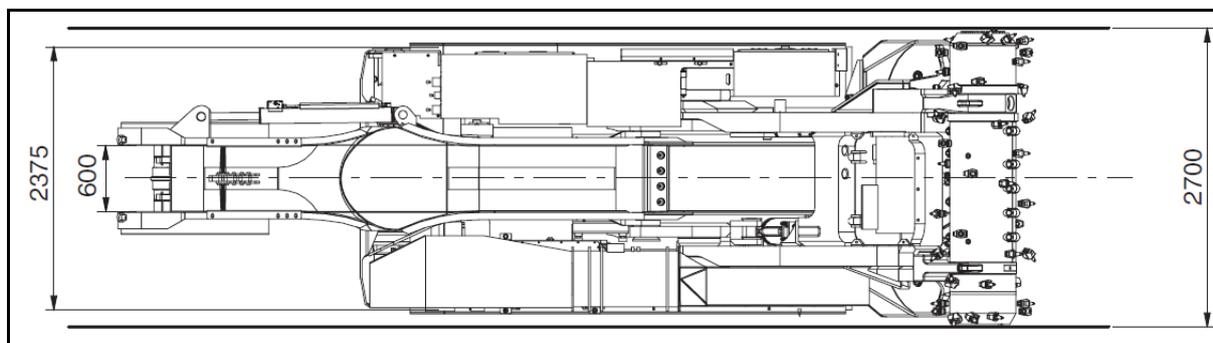
Annexe 3.B : les catalogues des différentes machines choisies**Annexe 3.B.1 : machine de creusement (Haveuse).****Figure 01:** Haveuse SANDVIK, type ACM 10.**Figure 02 :** Vue de face de la haveuse ACM10**Figure 03 :** Vue latérale de la haveuse ACM 10

Tableau 01 : Caractéristiques techniques du haveause.

OVERALL PHYSICAL DIMENSIONS		TRAMMING DEVICE	
Height of the body	1290 mm	Tramming speed	up to 20 m/min
Height up to dedusting unit	1650 mm	Avg. ground contact pressure	1.2 Kg / cm ²
Total width for transport	2700 mm	Track pulling force	2 x 250 kN
Total length	9320 mm	Width of track chain	530 mm
Total weight (approx)	39000 kg	Working gradient	
Total installed power	284 KW	a) Longitudinal direction	
Ground clearance	250 mm	for travelling	+/- 18 °
Width required for right angle turn (minimum)	4200 mm	for working	+/- 10 °
		b) Transverse direction	max. 5 °
		Electric track drive	2 x 30 kW
CUTTER SYSTEM DIMENSIONS		HYDRAULIC POWER PACK ARRANGEMENT	
Shape for cutting profile	rectangular	Electric Motor	36 KW
Working height	from 1800 to 3600 mm	Nominal working pressure	200 to 250 bar
Drum dia.	950 mm	Oil tank capacity	approx 250 l
Drum width	2700 mm		
Drum speed	42 rpm	DUST SUPPRESSION SYSTEM	
Pick spacing	91 mm	Spray bar behind cutter drum and onto conveyor is provided	
Pick size (long shaft dia)	30 mm	System working pressure	approx 30 bar
Cutting rate in coal (instantaneous up to 40 MPa)	200 t/hr	Flow rate	30 l/min
Cutting speed	2.1 m/s	High pressure Booster pump	
		Provided -pressure	30 bar
		Dust scrubber Provided	20 kW
LOADING SYSTEM		LUBRICATION SYSTEM	
Loading device	conventional spinners	Fully automated greasing system is provided	
Loading capacity	15 t / min	ELECTRICAL SYSTEM	
Loading width	2500 mm	Supply voltage	1100 V at 50 cycles
Installed power (conveyor & loader)	36 KW	Head Lights	2 x 24V, 70 W
Chain speed	2.2 m/sec	Rear light	2 x 24V, 20 W
Conveyor width	600 mm	Pre -start alarm signal horn for 2-10 seconds (adjustable) before the first motor is started	
Gathering spinner speed	62 rpm		
Conveyor overhang	2650 mm		
Heavy duty chain pitc	67 mm		

Annexe 3.B.2. Cutting Attachment SANDVIK type MA720

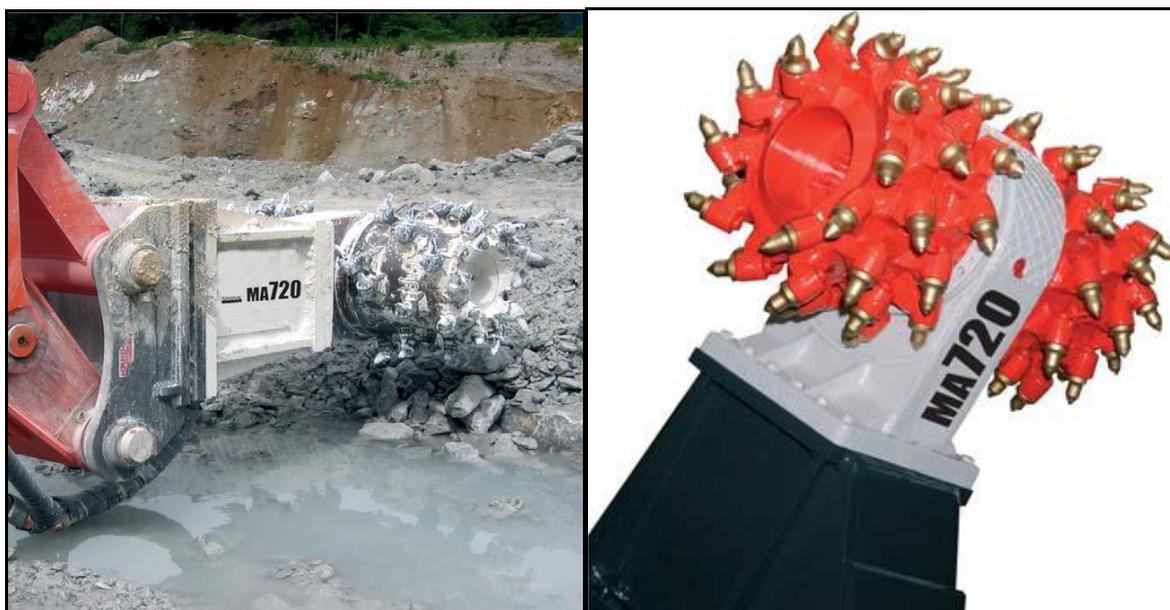


Figure 01. Haveuse de finition SANDVIK MA 720

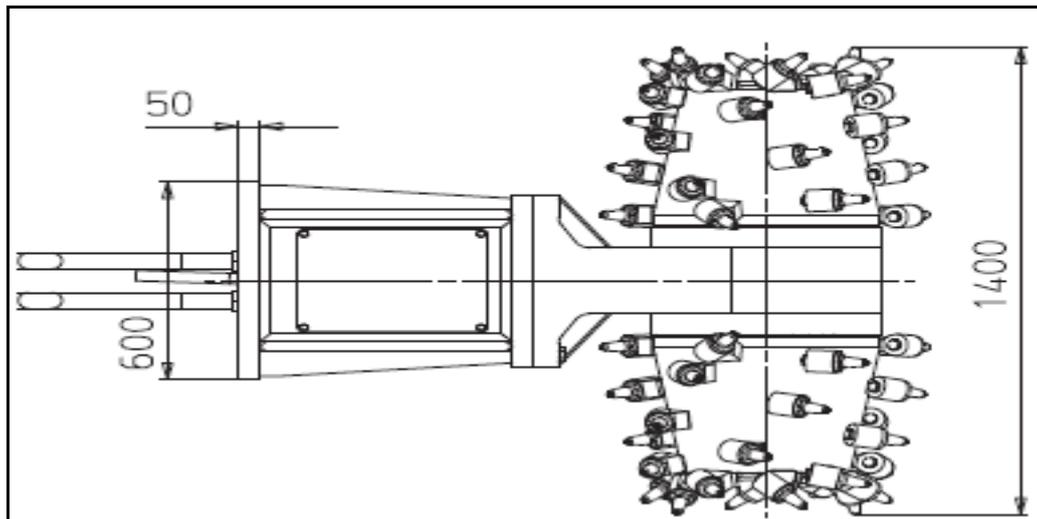


Figure 02. Dimension de la haveuse en vue latérale

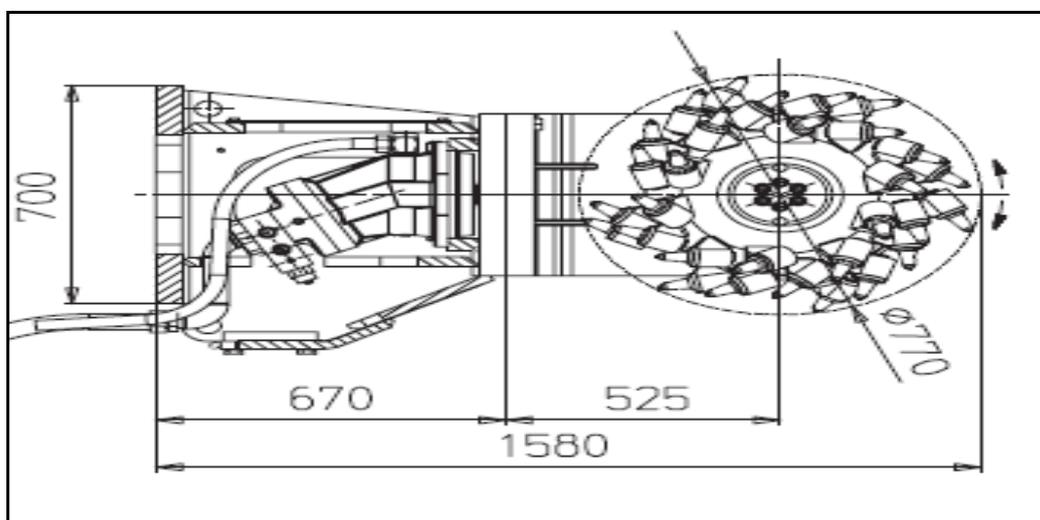


Figure 03. Dimensionnement de la haveuse en vue de face

Domaine d'utilisation

- Cette excavation a de grande utilité :
- Excavation dans les sections de la croix partielles.
- Travaux de la démolition.
- Creuser un fossé.
- Profiler et peser.
- Agrandissement de tunnels.

- Production (par exemple le gypse extrait).
- Organiser de régions pavées.
- Convenable pour application sous-marine.
- Mélanger de sol (avec le ciment).
- Coupure du tronçon.

Tableau 01. Caractéristiques techniques de la Haveuse de finition SANDVIK MA 720

Pression de l'huile	310 bar
Courant de l'huile	390 l/min
Pouvoir Diesel recommandé	min. 200 kW
Moment de rotation de la production	25.800 Nm
Vitesse de production	74 min ⁻¹
Diamètre de tête du coupeur	770 mm
Force coupante	67.000 N
Vitesse coupante	3.0 m/s
Poids de couper l'unité	3.065 kg

Annexe 3.B.3. Machine de foration (JOMBO) Sandvik DD220L.

Dimensions de la machine Sandvik DD220L

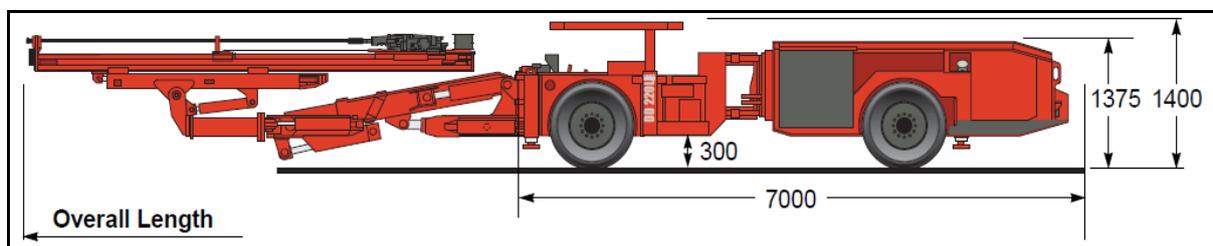


Figure 01 : vue de JOMBO de face

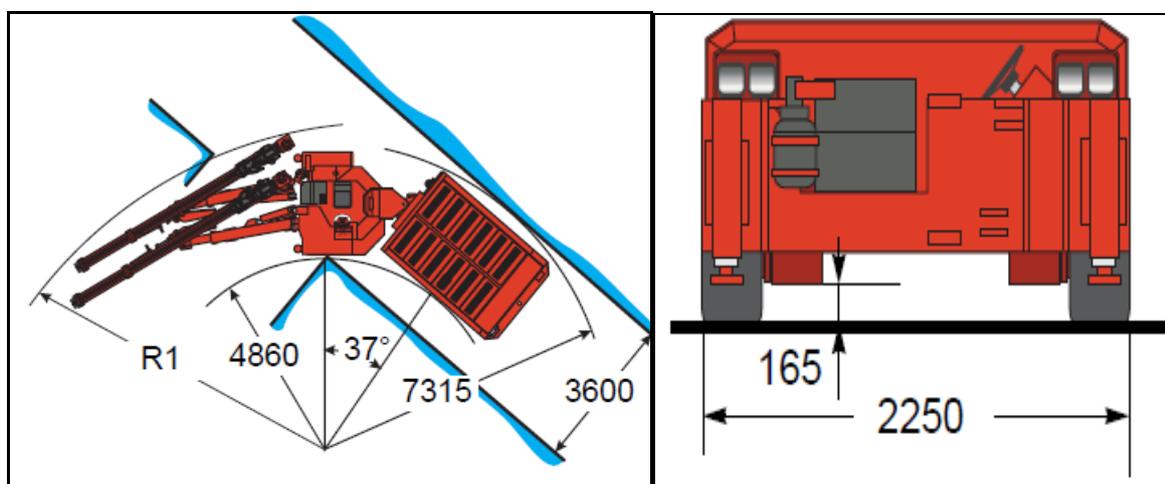


Figure 02 : vue de JOMBO latéralement et en arrière

Annexe 03.B.4 : convoyeur blindé

Tableau 01 : Caractéristiques techniques de convoyeur blindé

Typical Technical Data AFC Line Pan					
Type	Width Outside	Top Plate Thickness	Bottom Plate Thickness	Dogbone Breaking Force	Production Average Per Hour
PF3	822 mm (32.4 in)	30 mm (1.2 in)	20 mm (0.8 in)	2000 kN (449,618 lbf)	1300 tonnes (1,433 tons)
PF4	932 mm (36.7 in) 1032 mm (40.6 in) 1132 mm (44.6 in)	40 mm (1.6 in)	25 mm (1.0 in)	3600 kN (809,312 lbf)	1800 tonnes (1,984 tons) 2500 tonnes (2,756 tons) 3500 tonnes (3,858 tons)
PF5	1042 mm (41.0 in) 1142 mm (45.0 in) 1342 mm (52.8 in)	50 mm (2.0 in)	30 mm (1.2 in)	4500 kN (1,011,640 lbf)	2500 tonnes (2,756 tons) 3500 tonnes (3,858 tons) 5000 tonnes (5,512 tons)
PF6	1042 mm (41.0 in) 1142 mm (45.0 in) 1342 mm (52.8 in)	30 + 25 mm (1.2 + 1.0 in)	30 mm (1.2 in)	4500 kN (1,011,640 lbf)	2500 tonnes (2,756 tons) 3500 tonnes (3,858 tons) 5000 tonnes (5,512 tons)
PF7	1542 mm (60.7 in)	30 + 25 mm (1.2 + 1.0 in)	30 mm (1.2 in)	4500 kN (1,011,640 lbf)	6200 tonnes (6,834 tons)
Typical Technical Data Stageloader Line Pan					
Type	Width Outside	Top Plate Thickness	Bottom Plate Thickness	Dogbone Breaking Force	Production Average Per Hour
PF4	932 mm (36.7 in) 1132 mm (44.6 in) 1332 mm (52.4 in)	40 mm (1.6 in)	25 mm (1.0 in)	3600 kN (809,312 lbf)	2000 tonnes (2,205 tons) 3800 tonnes (4,189 tons) 5500 tonnes (6,063 tons)
PF6	1342 mm (52.8 in) 1542 mm (60.7 in) 1742 mm (68.6 in)	50 mm (2.0 in)	30 mm (1.2 in)	4500 kN (1,011,640 lbf)	5500 tonnes (6,063 tons) 6200 tonnes (6,834 tons) 7000 tonnes (7,716 tons)



Figure 01. Convoyeur blindé CAT PF6 line pan

Annexe 3.C. Explosifs produits en Algérie « Office National des substances Explosive » (ONEX)

1) GELANIT

La gélanite est un explosif nitré d'une consistance gélatineuse dont la couleur varie du jaune au marron clair. Ce type d'explosif est caractérisé par une densité élevée traduit par une vitesse de détonation importante.



Figure 01. Les cartouches de gelanit.

1.1. Utilisation

- Utilisée dans des terrains à roches dures à semi-dures, pour les travaux d'abattage à ciel ouvert ou en souterrain.
- Travaux à ciel ouvert : carrières, travaux publics, fonçage des puits.
- Travaux souterrains : exploitations souterraines, creusement de tunnel.
- Travaux d'aménagement des ports ...etc.

1.2. Avantages

- consistance gélatineuse très résistante à l'eau.
- Explosif dense traduit par une vitesse de détonation élevée.
- Capacité d'abattage des roches très dures même en présence d'eau.

1.3. Caractéristiques techniques

Gamme d'explosifs	Gelanit I	Gelanit II
Densité d'encartouchage (g/cm ³)	1.45	1.50
Vitesse de détonation (m/s)	5800	5500
Essais au bloc de plomb (TRAUZL) 10g /cm ³	400	360
Puissance RWS sur mortier balistique (%)	85	82
Coefficient d'utilisation pratique (%)	1.33	1.27
Coefficient de self excitation (mm)	150	100
Écrasement selon méthode de KAST (mm)	4.7	4.3
Sensibilité au choc (kgm)	0.4	0.5
Sensibilité au frottement (kgP)	36	36
Volume de gaz (l/kg)	861	808
Résistance à l'eau	Très bonne	Très bonne

1.4. Dimensions et conditionnement

Diamètre (mm)	25	30		50	65	80
Longueur (mm)	130	120	240	360	500	340
Poids (g)	100	125	250	860	2150	2150

2. MARMANIT

La marmanit est un explosif pulvérulent de couleur grise, constituée de nitrate d'ammonium et d'un explosif brisant comme le TNT



Figure 02. Les cartouches de marmanite.

2.1. Utilisation

- Utilisable dans les terrains secs ou faiblement humides
- Elle est adaptée aux terrains à roche tendre à mi-dures.

2.2. Avantages

- Explosif de sureté, peu sensible aux actions mécaniques ;
- Explosif caractérisé par une charge linéaire réduite qui favorise son utilisation pour les terrains mi-dur.

2.3. Caractéristiques techniques

Gamme d'explosifs	MARMANIT 1	MARMANIT 2	MARMANIT 3
Densité d'encartouchage (g/cm ³)	0,95	1.05	1,00
Vitesse de détonation (m/s)	4400	4500	4200
Essais au bloc de plomb (TRAUZL) 10g /cm ³	405	370	360
Puissance RWS sur mortier balistique (%)	83	82	80
Coefficient d'utilisation pratique (%)	1,28	1,27	1,18
Coefficient de self excitation (mm)	100	40	30
Écrasement selon méthode de KAST (mm)	3,25	2,90	2,30
Sensibilité au choc (kgm)	1,50	1,50	2
Sensibilité au frottement (kgP)	36	36	36
Volume de gaz (l/kg)	842	868	902
Résistance à l'eau	Moyenne	Moyenne	Moyenne

2.4. Dimensions et conditionnement

Diamètre (mm)	30	50	65	80
Longueur (mm)	135	610	750	500
Poids (g)	100	1250	2500	2500

3. TEMEX

Le TEMEX fait partie de la famille des explosifs en émulsions. Ce type d'explosif fabriqué par l'ONEX par rapport aux explosifs classiques des avantages substantiels à savoir :

- Produit hydrofuge, utilisé à ciel ouvert et en souterrain, même en milieu subaquatique.
- Produit plus sécurisant lors du transport, du stockage et de l'utilisation.

Gamme d'explosifs	TEMEX 1	TEMEX 2
Densité d'encartouchage (g/cm ³)	1.22	1.22
Vitesse de détonation (m/s)	4500-5500	4000-5000
Essais au bloc de plomb (TRAUZL) 10g/cm ³	≥ 320	≥ 260
Puissance RWS sur mortier balistique (%)	/	/
Coefficient d'utilisation pratique (%)	/	/
Coefficient de self excitation (mm)	50-80	40-80
Écrasement selon méthode de KAST (mm)	/	/
Résistance à l'eau	Très bonne	Très bonne

➤ Dimensions et conditionnement

Diamètre (mm)	30	50	65	80
Longueur (mm)	300	400	500	400
Poids (g)	250	1 000	2 000	2 500

ملخص

الهدف من مشروع هذا البحث هو دراسة استغلال الطبقة الباطنية لرواسب الفوسفات ببلاد الحدبة في ولاية تبسة. ومن أجل تحقيق نسب انتاج سنوية قصوى، ارتأينا الى استعمال طريقة التفجير الكتلية من بين الطرق المنجمية المعتمدة للتقيب عن رواسب الفوسفات واستغلالها. وكان هذا الخيار مقيدا بظرورة توفير كميات انتاج معتبرة، كما دعم ذلك توفر احتياطات جيولوجية كافية.

الكلمات المفتاحية:

رواسب الفوسفات , ببلاد الحدبة, منجم تحت الأرض, احتياطات جيولوجية, التفجير الكتلية.

Abstract

The aim of our project is to study the underground exploitation of a phosphate deposit at Bled El Hadba in the department of Tebessa. For this, we used, from the sedimentary deposits exploitation approaches, the block caving one in order to maximize the annual production. Furthermore, this choice has been motivated by an important production constraint and approved by sufficient geological reserves.

Key words: Phosphate deposit, Bled El Hadba, underground mining, geologic reserve, blocks caving.

Résumé

Ce projet d'étude a pour objectif, l'exploitation de la partie souterraine de gisement de phosphate de Bled El Hadba (Wilaya de Tébéssa). À cet effet, parmi les méthodes d'exploitations des gisements sédimentaires, celle qui convient à notre cas d'étude est celle d'exploitation par foudroyage de blocs, en raison d'atteindre une production annuelle maximum. La contrainte d'assurer une production importante a conditionnée le choix de la méthode par foudroyage de blocs et confirmé par une disponibilité suffisante des réserves géologiques.

Mots clés : Gisement de phosphate, Bled El Hadba, mine souterraine, réserves géologique, blocs foudroyés.