



**UNIVERSITE ABDERAHMANE MIRA - BEJAIA
FACULTE DE TECHNOLOGIE**

DEPARTEMENT DES MINES ET GEOLOGIE

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

Géologie

Option : Exploitation Des Mines

Mémoire de Master

Présenté par

Mr. LEMRABET Abdelkrim

Mr. TAYEBI Abdallah

Thème

*Approche comparative de deux gisements de fer
Boukhadra et Rouina : Contexte géologique et
Méthodes d'exploitation*

Soutenu le 28/06/2015 devant le jury composé de:

Président:	Mr. R.BOUKAREM
Encadreur:	Mme. K.KICHER
Co-promoteur:	Mr. O.DJEZAIRI
Examineur:	Mr. M.MAZARI

Année Universitaire: 2014-2015

REMERCIEMENT

Nous remercions **DIEU** le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage d'achever ce modeste travail.

On garde tout d'abord à remercier chaleureusement l'ensemble des personnes qui ont contribué à ce travail, y compris :

Le directeur de l'unité SOMIFER **Mr K. ZAYOUT**, et toute son équipe.

Le directeur de l'unité ARCELOR MITTAL, ainsi que toute son équipe.

On exprime notre profonde gratitude à notre promotrice Madame **K. KICHER** pour avoir dirigé ce modeste travail avec compétence et professionnalisme et tous les conseils précieux de sa part.

Nous remercions également notre Co-promoteur Monsieur **O. DJEZAIRI** d'avoir nous aider à achever ce travail.

Nous remercions également Mr **R. BOUKARM** d'avoir accepté de présider le jury, ainsi que Monsieur Mr **M. MAZARI** d'avoir accepté de juger ce travail.

On garde à remercier également l'ensemble des enseignants de département Mines et Géologie.

En fin, nous remercions nos chers collègues et amis de l'université.

Que DIEU soit honoré à tous égards !

DEDICACES

Je dedie ce modeste travail à :

L'hommage de mon père ;

Ma chère mère, et mon chère grand père ;

Mes sœurs ;

Mon neveu et mes nièces ;

Mes oncles et mes tantes ;

Toute la famille Tayebi et la famille Gsassi ;

Mon binôme Karim et sa famille ;

Toutes mes amis qui constituent ma 2^{me} famille.

ABDALLAH



DÉDICACES

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL TOUS D'ABORD À MES

PARENTS

MES FRÈRES ET SŒURS

MES ONCLES ET MES TANTES

À TOUTE LA FAMILLE LEMRABET ET ABDELKRIMI

À TOUTE LES MEMBRES DE LA FAMILLE MEBARKI

À TOUTE MES AMIS DE LA DAÏRA DE TINERKOUK

À TOUTE MES AMIS ET COLLÈGUE DE L'UNIVERSITÉ

À MON BINÔME ABDALLAH ET SA FAMILLE

ABDELKRIM

TABLE DES MATIERES

Introduction générale.....	01
CHAPITRE I : présentation et géologie régionale de deux gisements.....	03
Introduction	03
I.1. Présentation de la mine de Boukhadra.....	03
I.1.1. Localisation géographique	03
I.1.2. Historique des travaux de recherche et d'exploitation.....	04
I.2. Géologie régionale de Boukhadra.....	05
I.2.1.Lithostratigraphie	05
I.2.1.1. Le Trias	05
I.2.1.2. Le Crétacé	06
I.2.1.3. Le miocène.....	06
I.2.1.4. Le Quaternaire	07
I.2.2. Tectonique de la région.....	09
I.2.2.1. Fossé d'effondrement.....	09
I.2.2.2. Plissement	09
I.2.2.3. Subsidence	09
I.2.2.4. Diapirisme des formations triasiques.....	10
I.3. Présentation de la mine de Rouina.....	10
I.3.1. Localisation géographique	10
I.3.2. Historique des travaux de recherches et d'exploitation	11
I.4. Géologie régionale de Rouina	13
I.4.1. Lithostratigraphie	14
I.4.1.1. L'autochtone	14
I.4.2. Le tell septentrional.....	15
I.4.3. Le substratum « les massifs du Chlef »	15

I.4.4. Tectonique de la région.....	17
I.4.4.1. Première phase	18
I.4.4.2. Deuxième phase	18
I.4.4.3. Troisième phase	18
I.4.4.4. Quatrième phase.....	18
Conclusion.....	18
CHAPITRE II : Géologie local des deux gisements.....	19
Introduction	03
II.1. Géologie du gisement de Boukhadra.....	19
II.1.1. Lithostratigraphie.....	19
II.1.1.1. Trias	19
II.1.1.2. Crétacé	19
II.1.1.3. Tertiaire	20
II.1.1.4. Quaternaire	20
II.1.2. Tectonique du massif de Boukhadra	23
II.1.2.1. L'anticlinal de Boukhadra (partie NE)	23
II.1.2.2. La zone effondré de Bled Dhissa (partie SW)	23
II.1.2.3. Les limites bordières.....	24
II.1.2.4. Les principaux accidents tectoniques	25
II.1.3. Localisation géomorphologique et description géomorphologique	26
II.1.3.1. Composition minéralogiques	27
II.1.3.2. Genèse et relation minerai-encaissant	28
II.1.3.3. Catégorie et estimation des réserves.....	29
II.2. Géologie du gisement de Rouina.....	30
II.2.1. Lithostratigraphie.....	31
II.2.1.1. Paléozoïque.....	31
II.2.1.2. Jurassique.....	32

II.2.1.3. Crétacé	33
II.2.2. Tectonique du gisement	35
II.2.2.1. Les failles	35
II.2.2.2. Les fentes de tensions	36
II.2.3. Morphologie et Genèse	36
II.2.4. Minéralisation	37
II.2.4.1. Réserves géologique et exploitables	37
II.2.4.2. L'encaissant de la minéralisation	38
Conclusion.....	38

Chapitre III : Exploitation 39

Introduction	39
III.1. L'exploitation de la mine de Boukhadra	40
III.1.1. L'exploitation souterraine de la mine de Boukhadra	41
III.1.1.1. Méthode d'exploitation	43
III.1.1.2. Travaux d'ouverture	44
III.1.1.3. Travaux préparatoire	45
III.1.1.4. Travaux d'abattage	48
III.1.1.5. Travaux de chargement et de transport	51
III.1.1.6. Les avantages et les inconvénients de la méthode par sous niveau abattus	52
III.1.1.7. Régime de travail en souterrain.....	53
III.1.2. L'exploitation à ciel ouvert de la mine de Boukhadra	53
III.1.2.1. Déroulement des travaux d'exploitation à ciel ouvert.....	53
III.1.2.2. Travaux d'ouverture	54
III.1.2.3. Travaux d'abattage	56
III.1.2.4. Travaux de chargement et de transport	59
III.1.2.5. Régime de travail à ciel ouvert.....	60

III.1.3. Destination du minerai de Boukhadra	60
III.2. L'exploitation de la mine de Rouina	61
III.2.1. L'exploitation souterraine	61
III.2.2. L'exploitation à ciel ouvert	61
III.2.2.1. Méthode d'exploitation	62
III.2.2.2. Déroulement des travaux d'exploitation à ciel ouvert.....	62
III.2.2.3. Travaux d'ouverture	63
III.2.2.4. Paramètres d'exploitation dans la zone de Ravin Sud	64
III.2.2.5. Travaux d'abattage	64
III.2.2.6. Travaux de chargement	68
III.2.2.7. Travaux de transport.....	69
III.2.2.8. Organisation de travail	70
Conclusion.....	71

CHAPITRE IV: Comparaison : Géologie et Exploitation 72

IV. Comparaison géologique.....	72
Introduction	72
IV.1.1. Lithostratigraphie	72
IV.1.2. Caractéristiques géologiques.....	74
IV.1.3. Caractéristiques des roches	75
IV.1.4. Catégorie des réserves.....	76
IV.1.5. Tectonique.....	77
IV.2. Comparaison exploitation	78
IV.2.1. Méthode d'exploitation	78
IV.2.2. Paramètres d'exploitation à ciel ouvert.....	80
IV.2.3. Travaux d'abattage.....	81
IV.2.4. Travaux de chargement.....	84

IV.2.5. Travaux de transport	84
IV.2.6. Production du minerai	85
Conclusion.....	87
Conclusion général	88
Référence bibliographiques	90

Annexes

Listes des figures :

Fig. (I.01) : Situation géographique de la région de Boukhadra	03
Fig. (I.02) : Localisation de la mine de Boukhadra.....	04
Fig. (I.03) : Localisation de la mine de Rouina.....	10
Fig. (I.04) : Périmètre de la mine de Rouina.....	11
Fig. (I.05) : Les différentes zones de la mine de Rouina	13
Fig. (I.06) : Coupe palispastique à travers le tell Ouest-Algérois au crétaé inférieur	17
Fig. (II.01) : Interprétation géologique de Djebel Boukhadra.....	21
Fig. (II.02) : Carte géologique du massif de Boukhadra et localisation des limites bordières de la zone effondrée	24
Fig. (II.03) : Calcaires Albo-Aptien de la branche NE-SW de la limite bordière SE (Oum Es Sbaa)	25
Fig. (II.04) : Calcaires Albo-Aptien de la branche NE-SW de la limite bordière NE (zone de la gare)	25
Fig. (II.05) : Le gisement de Boukhadra et ses différents corps minéralisés	27
Fig. (II.06) : Exemple de discordance du minerai sur l'encaissant. Des reliques de calcaire dans le minerai témoignent de son installation par remplacement.....	29
Fig. (II.07) : Carte géologique du massif de Rouina.....	31
Fig. (II.08) : Coupe géologique du flanc Ouest du massif de Rouina.....	33
Fig. (II.09) : Coupe Est-Ouest montrant le contact socle-couverture	34
Fig. (II.10) : Log stratigraphique du massif de Rouina.....	34
Fig. (II.11) : Coupe géologique montrant le rejet apparent d'une faille normal	36
Fig. (III.01) : Subdivision du gisement de Boukhadra.....	40
Fig. (III.02) : Plan topographique du gisement de Boukhadra.....	41
Fig. (III.03) : Coupe transversal du quartier souterrain avec ses trois axes	42
Fig. (III.04) : Plan de tir pour l'ouverture d'une galerie de roulage.....	46
Fig. (III.05) : Coupe verticale de la méthode sous-niveaux abattus (chambre en préparation)	47
Fig. (III.06) : Travaux miniers dans la méthode d'exploitation par sous-niveaux abattus.	47
Fig. (III.07) : Schéma du plan de tir souterrain	49

Fig. (III.08): La mine principale de Boukhadra	54
Fig. (III.09) : Schéma de plan tir du quartier principal	57
Fig. (III.10): La zone de Ravin Sud en exploitation à ciel ouvert	62
Fig. (III.11): Les sens de développement de l'exploitation	63
Fig. (III.12): Schéma de plan de tir de la mine de Rouina à ciel ouvert.	67

Liste des tableaux

Tab. (I.01) : Colonne stratigraphique synthétique des monts de Mellègue.....	8
Tab (II.01): Colonne stratigraphique du Djebel Boukhadra	22
Tab. (II.02): Les réserves géologiques et exploitables de la mine de Boukhadra.....	30
Tab. (III.01) : Les caractéristiques des chariots de foration souterraine	49
Tab. (III.02) : Caractéristiques des longs trous d’abattage	50
Tab. (III.03): Les caractéristiques des chargeuses souterraines	52
Tab. (III.04): Les caractéristiques des camions de transport souterrain.....	52
Tab. (III.05): Les caractéristiques des engins de terrassement.....	56
Tab. (III.06): Les caractéristiques de la sondeuse	56
Tab. (III.07): Principaux paramètres du plan de tir.....	58
Tab. (III.08): Les caractéristiques des engins de chargement à ciel ouvert	59
Tab. (III.09): Les caractéristiques des camions de transport à ciel ouvert.....	60
Tab. (III.10) : Les caractéristiques de chariot de foration.....	65
Tab. (III.11): Les paramètres de la foration	65
Tab. (III.12): Les paramètres de tir	66
Tab. (III.13) : Les caractéristiques des chargeuses	68
Tab. (III.14): Les paramètres de chargement	68
Tab. (III.15): Les caractéristiques des camions de transport.....	69
Tab. (III.16) : Les paramètres du transport	70
Tab. (III.17) : La répartition de la production	71
Tab. (IV.01): La Lithostratigraphie des deux gisements.....	72
Tab. (IV.02) : Caractéristiques géologiques des deux gisements	74
Tab. (IV.03) : Caractéristiques des roches encaissantes et des minéralisations.....	76
Tab. (IV.04) : Catégories des réserves et leur teneur	77
Tab. (IV.05) : Tectonique des deux gisements.....	77
Tab. (IV.06) : Méthodes d’exploitation des deux gisements	78
Tab. (IV.07) : Paramètres d’exploitation des deux gisements	80
Tab. (VI.08) : Paramètres de forge et de tir	82
Tab. (IV.09) : Travaux de chargement dans les deux mines.....	84
Tab. (IV.10) : Travaux de transport dans les deux mines	85
Tab. (IV.11) : Production de chaque mine	86

INTRODUCTION GENERALE

L'indépendance des pays, des contraintes extérieures, passe avant tout par la possession des richesses naturelles qui peuvent leur assurer non seulement une indépendance totale de l'assistance extérieure, mais aussi un développement du niveau de vie de populations, parmi ces richesses naturelles, on distingue les gisements des minéraux utiles solides dont la recherche, la prospection et l'extraction est assurée par des entreprises spéciales faisant partie de l'industrie minière. Les preuves de l'utilisation du fer remontent à 8000 ans av J.C. et on le rencontre plus généralement vers 4000 av J-C chez les égyptiens et les sumériens.

Depuis l'indépendance, l'Algérie a entamé un vaste programme orienté vers :

1. La prospection de nouveaux gisements des minerais et substances utiles ;
2. La réouverture des mines et carrières abandonnées ;
3. La modernisation et la mécanisation des mines et carrières en activité.

La formation des cadres nationaux qui auront la charge et la responsabilité pour gérer convenablement et selon les normes requises, le processus de production en rentabilisant les équipements mis en œuvre et ce, pour satisfaire la demande des consommateurs publics et / ou privés.

En Algérie l'industrie minérale dans le domaine des substances métalliques a connu un développement dans les années 70 avec la réouverture des mines abandonnées et le démarrage des nouvelles mines de zinc, de plomb, de fer, de mercure, d'or.

La production du minerai de fer a été réalisée à partir de cinq (5) mines de fer, dont quatre (4) sont localisées à l'Est et une (1) au Centre du pays.

En Afrique du Nord et particulièrement au Nord Est algérien, on peut distinguer là encore différents types de gisements de fer

Zitzmann et Ch. Neumann (1977) suivant la nature de l'encaissant, la composition chimique du minerai... ; dans le district Ouenza-Boukhadra par exemple c'est le type Bilbao qui prédomine (Bouzenoune, 1993).

De son côté Popov (1976) a pu donner une classification aux gisements de fer de l'Algérie, en mettant en évidence le type génétique et surtout le domaine tectonique auquel ils appartiennent. Il distingue ainsi six (06) types de gisements distribués dans les principaux domaines.

- 1) Gisements de ségrégation associés aux roches volcaniques acides ;
- 2) Gisements du type skarn à magnétite dans des terrains métamorphiques ;

- 3) Gisements hydrothermaux filoniens (type filons à sidérite). Tels que le cas des deux gisements étudiés ;
- 4) Gisements de substitution dans des roches carbonatées ;
- 5) Gisements sédimentaires oolithiques ;
- 6) Gisements de remaniement, résiduels, ou dus aux eaux d'infiltration non thermales.

Les gisements de Rouina et de Boukhadra appartiennent à un même type de gisements selon la classification de Popov (1976) mais se trouvent dans des contextes géologiques différents.

L'étude comparative que nous proposons dans le présent mémoire a pour objectif de faire sortir les similitudes et les différences entre ces deux gisements. L'ensemble des données permettant de mieux approcher la relation des minéralisations ferrifères et leur contexte géologique :

1- Une introduction pour situer la problématique du thème traité sur les deux gisements de Rouina et de Boukhadra

2- Un premier chapitre intitulé «présentation et géologie régionale des deux gisements» dans lequel on présente le contexte géologique régional succinct des deux massifs étudiés.

3- Un deuxième chapitre intitulé «géologie locale des deux gisements» dans lequel on présente la géologie de la région de Rouina et Boukhadra et une caractérisation pétrographique et minéralogique des minéralisations ferrifères et leur encaissant carbonaté.

Une synthèse dans laquelle seront résumés les principaux points communs et les différences entre les contextes géologiques

4- Un troisième chapitre intitulé « exploitation de la mine de Boukhadra et Rouina » dans lequel on cite les différentes phases de l'extraction de minerai de fer y compris les travaux d'ouverture, d'abattage ; chargement et transport ;

Une synthèse dans laquelle seront résumés les principaux points communs et les différences entre l'exploitation des deux secteurs étudiés.

5- Une conclusion permettant de résumer l'ensemble des points saillants relatifs aux massifs de Rouina et de Boukhadra.

➤ Introduction

Tout d'abord, on doit citer quelques généralités sur chaque mine, son localisation, sa géologie régionale, etc.

I.1. Présentation de la mine de Boukhadra

I.1.1. Localisation géographique

Le djebel de Boukhadra est situé à l'Est de l'Algérie à 45Km au Nord du chef lieu de la willaya de Tébessa, à 47Km de la mine de l'Ouenza, à 13Km des frontières Algéro-Tunisiennes et à 190Km au sud du complexe sidérurgique d'El hadjar (willaya d'Annaba). (fig.1)

Son importance réside dans le gisement de fer qui est considéré comme la deuxième source de minerai de fer en Algérie, après celle de la mine de l'Ouenza.

Le djebel de Boukhadra constitue un massif isolé qui s'élève au dessus de la vallée de Morsott de 700 à 800m d'altitude. Avec un point culminant de 1463m.

Le gisement est situé entre les méridiens 8°-01' et 8°-04' Est et les parallèles 35°-40' et 35°-50' Nord.

Le climat de la région est continental et sec, les températures varient entre 40°C en été et 0°C en hiver, la Pluviométrie est faible avec parfois de faibles chutes de neige. [1]

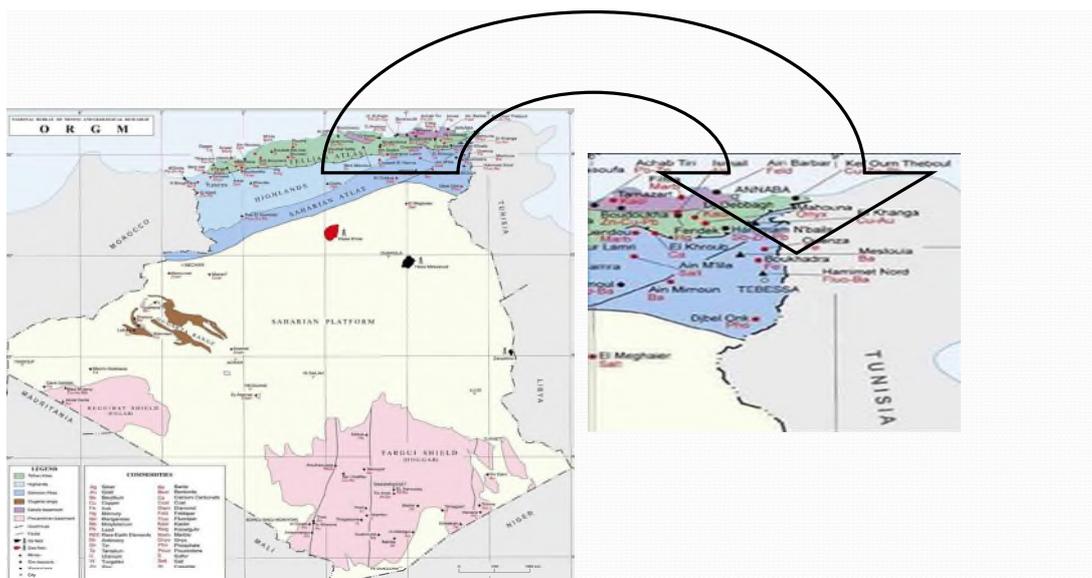


Fig. (I.01) : Situation Géographique la Région de Boukhadra(Tébessa) [1]



Fig. (I.02) : localisation de la mine de Boukhadra [Google Earth].

I.1.2. Historique des travaux de recherche et d'exploitation

Les travaux d'exploitation de la mine de BOUKHADRA ont été entamés durant l'époque Romaine pour l'extraction du cuivre dans la zone du pic, par la suite l'exploitation a porté sur le zinc et autres poly-métaux par la concession de BOUKHADRA d'après(Mr TADRO).

De 1903 à 1926, la concession de MOKTA EL HADID avait entrepris des travaux de recherches systématiques par des galeries d'exploration entre les niveaux 845-1225.

De 1926 à 1966, date de nationalisation des mines, c'était la société d'OUENZA qui exploitait le gîte de BOUKHADRA. Cette dernière avait effectuée de la recherche systématique par des travaux miniers et par des sondages sur le gisement de BOUKHADRA.

Durant la période de 1967 à 1984, la SONAREM était chargée de l'exploitation et des recherches sur les gîtes ferrifères d'OUENZA et BOUKHADRA.

Après la restructuration des entreprises (1983 - 1984), c'était FERPHOS qui gérait, exploitait et développait ces recherches sur l'ensemble des gîtes ferrifères existants sur le territoire national.

Depuis la date du 18/10/2001, et dans le cadre de partenariat avec les sociétés étrangères, le HOLDING L.N.M.N.V. appelée aujourd'hui ARCELORMITTAL a signé l'accord de partenariat avec HADID OUENZA - BOUKHADRA filiale FERPHOS avec 70% pour la première. [2]

I.2. Géologie régionale de Boukhadra

Les différentes études établies sur les monts du Mellègue montrent que les principales formations géologiques qui affleurent sont représentées par (Tab. I.01):

- Les évaporites du Trias ;
- Les séries sédimentaires du Crétacé moyen et supérieur ;
- Les formations du Miocène.

I.2.1. Lithostratigraphie

I.2.1.1.Le Trias

Les formations triasiques se rencontrent dans les parties centrales des structures anticlinales soulevées sous forme de pointements. Elles sont intensément déformées et apparaissent bréchifiées, écrasées et à structure chaotique.

Le faciès typique du Trias est représenté par des argiles bariolées, des marnes, des grès et du gypse emballant des blocs rocheux de dolomies noires, de grès micacés, de calcaires, de cargneules et d'ophites d'après (Dubourdiou 1956).

I.2.1.2. Le Crétacé

C'est l'étage le plus épais dans la région, il débute par le Barrémien et se termine par le Sénonien :

a) Le Barrémien : il constitue les terrains les plus anciens observés dans la région, ses affleurements sont rares et exclusivement limités aux parties centrales de certains horst-anticlinaux dont les plus connus sont ceux de Djebel Harraba au Nord-est de Tébessa et Sidi Embarek au Sud-est. A la base on rencontre généralement des calcaires et des dolomies et au toit des grès et argiles.

L'absence de faune caractéristique ne permet pas de définir avec exactitude les limites supérieures et inférieures de cet étage.

b) L'Aptien : Il occupe la grande partie des affleurements de la région :

- **Le Turonien :** Il constitue des calcaires et marno-calcaires à la base avec de nombreuses empreintes d'inocéramus. Ces formations sont suivies par de plusieurs séries de marnes argileuses riches en ammonites, huîtres et divers.

L'épaisseur de cet étage a été estimée à 250m dans la région d'Ain Chenia au Nord de Djebel Boukhadra et à 190m au Djebel Bou Krorza à l'Ouest de l'Ouenza où il devient très calcaire d'après (Dubourdiou 1956).

- **Le Sénonien :** Dans la région de Souk Ahras et Morsott, il est représenté par :

Un Sénonien inférieur, (Sénonien-Coniacien) de puissance ne dépassant pas 300m, représenté par des calcaires marneux et des marnes d'après (Dubourdiou 1956).

Un Sénonien supérieur (Campanien-Maestrichtien) de puissance variant entre 200 et 600m et affleurant au Sud de Tébessa, représenté par des calcaires marneux du campanien, passant à des marnes gypsifères puis à des calcaires massifs à ragons de silex riches en inocéramus.

I.2.1.3. Le miocène

L'épaisseur du Miocène peut atteindre une centaine de mètres. Il constitue une série transgressive reposant en discordance sur les différents dépôts plus anciens. Ils sont représentés par des calcaires roux, suivis de marnes très argileuses de couleur verte devenant rouge foncé et enfin par des argiles à intercalations de grès grossiers.

I.2.1.4. Le Quaternaire

Les formations de Quaternaire remarquables dans les monts de Mellègue sont en majeure partie clastique et continentale couvrant les pentes des massifs et remplissant les vallées, se sont de bas en haut :

- Une importante croute de calcaires ;
- Des cailloutis ;
- Des éboulis et brèches de pente ;
- Des terrasses alluviales. [3]

Tab. (I.01) : Colonne stratigraphique synthétique des monts de Mellègue [3]

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique		
CENOZOIQUE	Quaternaire		10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.		
	Néogène	Miocène		10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.	
		Eocène		200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.	
	Paléogène	EURE	Maest.		250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
			Campan.		500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
		SERRI	Con-Sant.		500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turo		180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		TOSUP	Cénom.		900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
			Vracon.		500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		ZEFUR	Albien		480-600	Marnes grises et gris-foncées, noires dans la partie supérieure avec de minces intercalations de calcaires argileux.
			Clans		100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
			Apvien		300-600	1- Faciès clastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
			Barrem		< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloul).
MESOZOIQUE	Jurassique		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.		
	Trias		< 700			

I.2.2. Tectonique de la région

La région de Tébessa appartient à l'Atlas saharien oriental, elle est caractérisée par de puissantes séries de Crétacé, plissées selon une direction SW-NE, percées par le Trias daïpirique et recoupées par des fossés d'effondrement de direction orthogonale à la direction du plissement.

I.2.2.1. Fossé d'effondrement

L'Atlas saharien est marqué par des fossés orientés NW-SE tel que le fossé de Tébessa-Morsott qui est le résultat d'une activité tectonique distensive post-Miocène inférieur et pendant le Quaternaire. Cette activité tectonique réactive les failles normales déjà existantes dès le Crétacé (phase albo-aptienne), ces fossés sont comblés par des dépôts quaternaires (limons, graviers).

I.2.2.2. Plissement

La zone des diapirs de l'Atlas saharien est caractérisée par des plis d'orientation NE-SW qui présentent de légers changements de direction. Ces plis sont souvent interrompus par les accidents bordiers des fossés d'effondrement.

L'âge exact de ces plissements est très discuté, il est compris entre l'Eocène et le Miocène marin.

I.2.2.3. La subsidence

Les dépôts post triasiques est anté-Barrémien dans la région des monts de Mellègue sont absents, ce la est du probablement à la grande subsidence anté-aptienne. Cette subsidence est expliquée par une tendance générale à la distension qui facilite les transgressions marines et permet l'accumulation de puissantes séries sédimentaires.

Lors de l'activité diapirique, des perturbations dans la sédimentation ont été enregistrées dès l'Aptien, cette activité est soulignée par la création de hauts fonds sur lesquels s'est déposée une sédimentation carbonatée subréifale. Ces hauts fonds peuvent subir des émergences qui traduisent par le biseautage des couches, par des lacunes de dépôts et des hiatus stratigraphiques qu'on trouve même en sondage.

I.2.2.4. Diapirisme des formations triasiques

Les confis Algéro-tunisiens ont connu une activité diapirique qui s'étend du Crétacé au Tertiaire et même au Quaternaire.

Les pointements triasiques affleurent sur une bande de 80Km de long sur une large bande de direction NE-SW. [3]

I.3. Présentation de la mine de ROUINA

I.3.1. Localisation géographique

Le gisement de fer de ROUINA est situé dans la Commune de Rouina, Daïra de Rouina, Wilaya d'Ain Defla sur un terrain domanial. Le gisement est limité par les coordonnées suivantes : '01/256 - 01/258' de la longitude Est et '401/222 - 401/224' de latitude Nord. (Voir fig. I.04).

Le relief est relativement doux, les cotés absolues varient de +210 à +350m, le coté maximal est de +415m. L'altitude moyenne varie de 30 à 140m.

La route nationale RN4 reliant Alger à Oran passe à 3Km du gisement ainsi que la ligne de chemin de fer. Les agglomérations les plus importantes sont : Rouina à 3Km, Ain Defla à 17Km, Khemis-Méliana à 43Km et Chlef à 46Km.



Fig. (I.03): La localisation de la mine de Rouina (Google Map 2015).

Les minerais de fer de Rouina sont destinés à servir comme adjuvants pour les cimenteries du Centre y compris (Meftah ; Chlef ; Mascara ; Saida). La disponibilité de la main-d'œuvre ne pose pas de problèmes.

Le périmètre du gisement est délimité par 46 points avec une superficie totale de 436ha (Titre minier n° du 15/05/2013) [4]

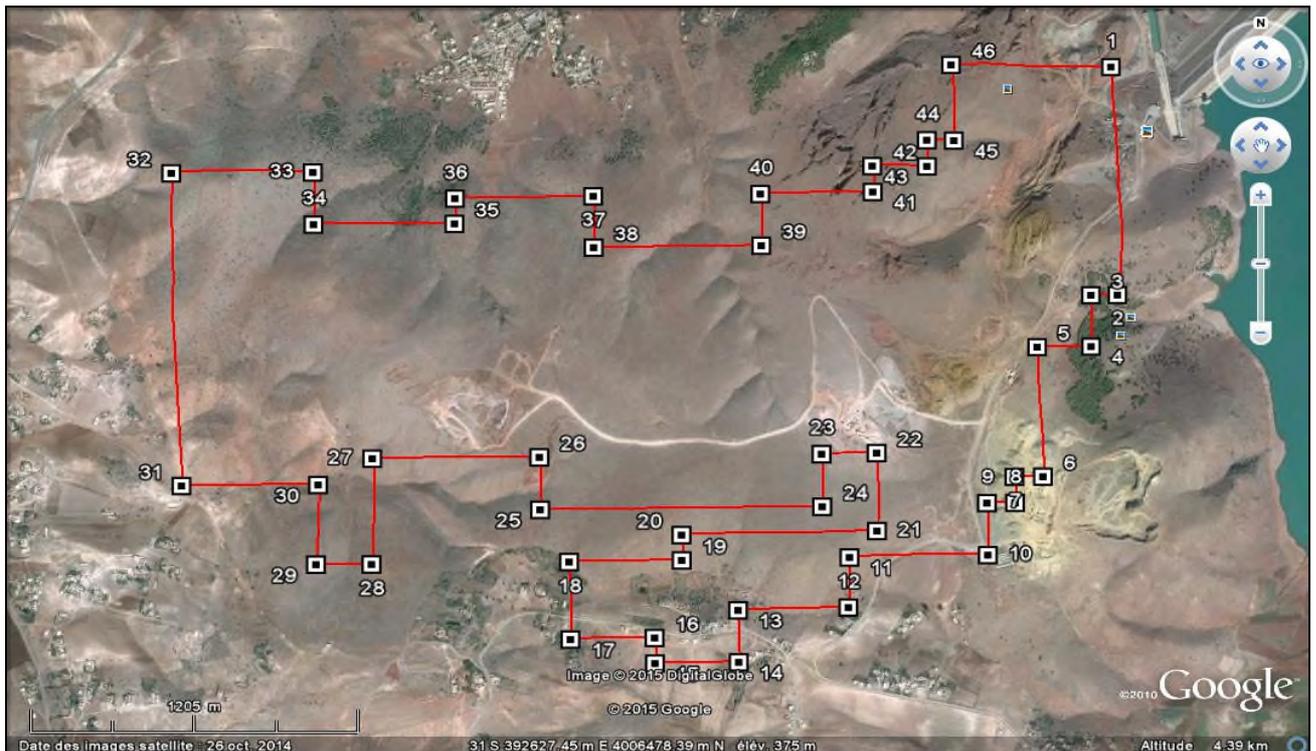


Fig. (I.04) : Le périmètre de la mine de Rouina [Google Earth] ; Superficie : 436 Ha.

I.3.2. Historique des travaux de recherches et d'exploitation

L'histoire de la découverte du gisement de fer de Rouina remonte à la fin du dernier siècle, la première concession a été accordée en 1872. Dans les limites du champ minier trois zones principales ont été délimités : Merimet, Ravin Sud, Région Filonienne, ainsi que quelques petites gîtes.

La zone de Merimet a été exploitée entre 1906 et 1931, sa production a atteint 1MT de minerai. La mine a été exploitée à ciel ouvert jusqu'au niveau +180m, au dessous du niveau hydrostatique (+190m). Les travaux ont été compliqués par une grande arrivée d'eau, le pompage des eaux du niveau +175m était de 700 à 750m³/heure. Cette eau est destinée à l'utilisation d'agricole.

En Janvier 1931 un orage a détruit le barrage et la station de pompage, la mine a été inondée, actuellement elle constitue un lac sert à l'alimentation en eau du village. Selon le dernier bilan des calculs des réserves effectués en fin 2013, les réserves restantes sont de 823336 avec une teneur de 40 à 41 % et plus de fer.

La zone du Ravin sud a été exploitée pendant la période 1912-1958 par le mode à ciel ouvert et en souterrain jusqu'au niveau +215m, une partie des travaux souterrains a été menée aux niveaux +208 et 196m. Entre 1954 et 1958 par une cheminée creusée pour l'évacuation du minerai à la surface. [5]

Actuellement la zone du Ravin Sud est remblayée jusqu'aux niveaux + (236-238) m.

Dans son extrémité Sud il reste un gradin minéralisé de l'ancienne exploitation. Plus au Sud de la mine à ciel ouvert des galeries de prospection ont été réalisées.

Les filons de la zone Filonienne ont été exploités à ciel ouvert et en souterrain dans la zone se trouvant entre la surface (+330m) et le niveau +270m. Jusqu'à présent certains ouvrages miniers sont conservés jusqu'à une profondeur de 20 mètres.

Des petits secteurs minéralisés ont été exploités en surface, les travaux de prospection n'ont pas été faits en profondeur. [6]



Fig. (I.05) : Les différentes zones de la mine de Rouina [Google Earth 2015]

I.4. Géologie régionale de Rouina :

La plaine mio-plio-quaternaire du Chlef correspond à une vaste cuvette d'alluvions, coincée entre le Tell septentrional (Boumaad et Dahra), et le Tell méridional (Ouarsenis).

Ces deux ensembles forment l'Atlas Tellien. Ils sont constitués de terrains autochtones coiffés de terrains allochtones, les terrains allochtones sont représentés essentiellement par des nappes de glissements, tandis que le Tell méridional de cette région, selon le découpage de Mattaeur (1957) offre quatre unités structurales :

- ❖ L'autochtone
- ❖ La nappe A (complexe A)
- ❖ La nappe B
- ❖ La nappe C

I.4.1. Lithostratigraphie

I.4.1.1.L'autochtone

L'autochtone apparait le plus souvent en fenêtre tectonique, affecté par des failles, il présente une assez grande variation lithologique :

- Des calcaires et schistes-calcaires au Jurassique
- Epaisse série schisto-quiziteuse au Crétacé
- Des marnes et des grés du miocène

I.4.1.2.L'allochtone

a) La nappe A

Elle inclue essentiellement des terrains anté-cénomaniens, elle se situe entre l'autochtone et la nappe B, sa partie inférieure comporte d'importantes masses argileuses et gréseuses du Barrémien-Aptien offrant des similitudes avec les faciès autochtones. La partie supérieure, au dessus des copeaux triasiques, comporte des argiles, des grés, des calcaires, des marnes et des conglomérats de l'Albo-Cénomano-Turonien et du Miocène.

b) La nappe B

Elle constitue la plus grande partie des affleurements de l'Ouarsenis, elle regroupe des terrains allant du Crétacé supérieur au Miocène. Elle se caractérise par des faciès marneux et marno-calcaire, d'origine septentrionale, avec quelques variations à l'Eocène et au Miocène. Structuralement elle est subdivisée en plusieurs lames.

c) La nappe C

Elle surmonte toute les unités de l'Ouarsenis, et repose sur la nappe B par un contact subhorizontal. Elle est constituée de flysch crétacés, Oligocène à faciès numidien (grés et argiles) et de Miocène remaniant des galets de la chaîne calcaire.

I.4.2. Le Tell septentrional

Structuralement, il est similaire au du Tell méridional. Là aussi les nappes B et C sont présentes, reposant sur l'autochtones de composition variée.

I.4.3. Le substratum «Les massifs du Chlef»

D'après O. Kireche (1993), Le substratum des nappes telliennes comprend, des formations primaires, jurassiques et crétacées qui présentent de bas vers le haut :

- ❖ Le socle cristallophyllien du Doui (Anté-Silurien)
- ❖ La série schisto-calcaire « schiste de Littré » (Siluro-Dévonien ou Dévonien)
- ❖ La série schisto-quartziteuse du Zaccar
- ❖ Le complexe volcanique du Doui et du Zaccar d'âge Permien
- ❖ La série schisto-gréseuse et conglomératique du Doui, du Rouina et du Zaccar d'âge Permo-Triasique
- ❖ Les dolomies, cargneules et calcaires dolomitiques du Doui et Rouina
- ❖ Les calcaires jurassiques et les marno calcaires du Crétacé

Le Crétacé occupe des positions particulières, ainsi au Djebel Rouina, la coupe montre une série assez complète où les terrains secondaires forment une série monoclinale ; allant du Trias à la base jusqu'aux marnes et des marno-calcaires d'âge Tithonique-Bériasien, suivant la succession :

- Des calcaires dolomitiques gris bleu, à la base, massifs font suite au cortège dolomitique à cargneule du Trias. Vers le Nord, en discordance, ces calcaires reposent sur les quartzites. Vers le Sud, les calcaires reposent sur les dolomies et cargneules du Trias.
- Une puissante formation de calcaire (300m), gris bleu ; cristallin, succède au calcaire dolomitique. Le calcaire massif de cassure saccharoïde est de couleur beige ou beige rosâtre.
- Vers le haut, cette formation emmagasine des niveaux siliceux en rognon ou en lits discontinus à patine brun-rouille.
- Dans les niveaux plus élevés, le calcaire est rougeâtre et détritique.

Par analogie de facies avec ceux du Pliensbachien-Domérien de l'Ouarsenis mieux connus, Kireche (1993) attribut le terme 2 de la coupe de Rouina au Lias moyen. Surmonté d'une formation compacte et massive de calcaire riche en veines siliceuses, renfermant des débris d'entrouques et des micro-filaments (probablement d'âge Bajocien).

Des marnes et des schistes lie-de-vin constituent une couche au dessus des calcaires à rognons de silex. Cette formation marno schisteuse est à rattacher au Jurassique moyen.

La série jurassique se termine par une centaine de mètres de calcaire fin en bancs massifs dans les quels s'intercalent des niveaux marneux blanc-jaunâtre. Des calcaires en petits bancs, blanchâtres et friables représentent la fin de la série.

Le Crétacé est réduit dans les régions voisines des massifs du Chéelif à l'exception de la série de Rouina, où il est probablement à rattacher aux unités allochtones d'âge albo-cénomaniens à facies marneux. Les marnes et les marnes schisteuses faisant suite au marno-calcaire Tithonique à l'Ouest du massif de Rouina. A l'Est on observe, au dessus des calcaires jurassiques, des marnes grises vertes ou vert-jaunâtre en position anormale. L'affleurement restreint correspond à un lambeau, surmonté par des conglomérats plus récents probablement miocènes. Il s'agit d'unité allochtone que Mattauer (1957) attribue au Crétacé supérieur. [7]

I.4.4. Tectonique de la région

Dans le bâti tellien, la sédimentation des blocs basculés est contrôlée par d'énormes accidents (fig.08). Ces derniers répondent à la compression par des décrochements et des chevauchements. Du Trias au Sénonien ces accidents ont fonctionnées en failles listriques. Selon Kireche (1993), les failles de détachement provoquent un amincissement crustal. Suite à ce dernier, un thermo-métamorphisme décroissant s'installe et disparaît pratiquement dans le Sénonien et dans les séries Eocènes.

Dans cette architecture, le bassin du Chlef, se disloque suite à l'orogénèse Alpine, qui comporte les évènements suivants :

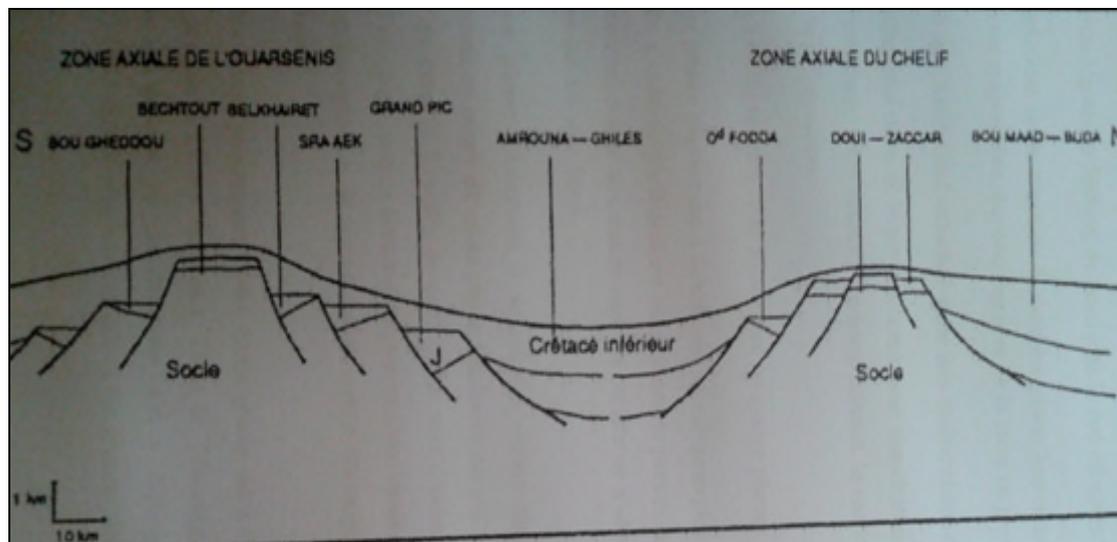


Fig. (I.06) : Coupe palispastique à travers le tell Ouest-Algérois au Crétacé inférieur

D'abord une tectonique tangentielle qui fait naître un écaillage des séries à la fin du Crétacé. Cette compression est accompagnée de plissement à schistosités et un métamorphisme, dans les massifs autochtones.

A l'Eocène l'amorce de la mise en place des nappes s'annonce et au Lutétien des chevauchements, à grandes flèches, du nord vers le sud débutent.

Le Miocène inférieur fut le siège de la dernière phase importante de tectonique tangentielle. Cette dernière est responsable des écaillages et de la mise en place des structures de nappes.

Enfin le bassin de Chelif s'individualise suite au mouvement du Miocène moyen.

Les massifs affleurant dans ce bassin montrent une manifestation tectonique différente dans la forme et la structure, d'un massif à un autre suivant la nature du matériel et les conditions qui précèdent la déformation.

Ainsi Kireche, (1993) résume cette tectonique en quatre phases :

I.4.4.1. Première phase

Plissement à schistosité et métamorphisme. C'est la phase majeure de plissement, elle s'observe parfaitement en grandes et petites structures dans le Témoulga et dans le Doui contrairement aux autres régions où elle s'identifie grâce à la schistosité et les linéations qui lui sont liées.

I.4.4.2. Deuxième phase

Plissement à schistosité moins marquée et métamorphisme. Les structures formées au cours de cette phase (linéaires ou planaires) sont réparties de manière différente sur les massifs. Les plis de cette phase sont d'échelle variable, de centimétriques à métriques au Témoulga jusqu'à hectométriques au Doui tandis qu'il constitue tout le massif de Rouina. Un métamorphisme de type «schiste vert » accompagne le plissement, comme pour la première phase.

I.4.4.3. Troisième phase

Plissement tardif. Cette phase est à l'origine des plis droits à grande amplitude et des plans axiaux verticaux. Dans le Témoulga cette phase se rencontre sous forme de plis en genoux ou en chevrons. On y distingue aussi la présence des plis d'entraînement (centimétriques) accompagnant les grands plis.

I.4.4.4. Quatrième phase

Tectonique cassante (failles et diaclases) contemporaine, peut être d'une surrection générale de l'ensemble des massifs. Elle est compressive, faite à un niveau structural élevé, suivie d'une distension responsable d'énormes fractures (Glangeaud, 1932). [7]

➤ Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté chaque mine, avec sa géologie régionale et ainsi son historique d'exploitation.

➤ **Introduction**

Avant de procéder à l'exploitation d'un gisement, il est nécessaire de mettre en évidence la valeur industrielle de ce gisement en prenant en considération la géologie locale du gisement, ses formations et structures géologiques, et surtout les caractéristiques des massifs rocheux.

II.1. Géologie du gisement de Boukhadra

II.1.1. Lithostratigraphie

Les principales formations géologiques qui affleurent dans le massif de Boukhadra sont représentées par :

- Les évaporites du Trias ;
- Les séries sédimentaires du Crétacé moyen et supérieur ;
- Les formations du Miocène ;

On remarque l'absence des terrains du Jurassique et du Paléogène. [9]

II.1.1.1. Trias

Les dépôts Triasiques rencontrés dans la région de Boukhadra sont représentés par les marnes bariolées, gypses, dolomies, débris de calcaires et de grés. Les roches du Trias se développent dans les parties Ouest, Sud et Sud-est et en contact anormal avec les dépôts Aptiens du Crétacé (Diapirisme).

II.1.1.2. Crétacé

Dans le profil du Crétacé, nous retrouvons le Cénomaniens, l'Aptien, l'Albien, le Coniacien, et le Cénomaniens où on a la série Aptienne, porteuse de la minéralisation. Cette série est caractérisée par des marnes et des calcaires constituant la partie inférieure qui encaisse le gîte Sud, des calcaires récifaux construits, à fossiles (rudistes) qui constituent le niveau porteur de la minéralisation principale et des grés et calcaires de la partie supérieure de l'Aptien non productif. [10]

- a) **Aptien** : contient le calcaire et le Terrigène (marno-grésocalcaire).
- b) **Albien** : contient les marnes et calcaires.
- c) **Vraconien** : contient la marne, l'argile marneuse et le calcaire marno-argileux.

- d) **Cénomanién** : Contient la marne avec intercalation de calcaire.
- e) **Turonien** : Les dépôts de cet âge s'observent dans la partie Ouest et Sud du domaine traité. Il s'agit surtout de calcaires épais et massif pélitique marneux dans la partie basale, avec de rares minces intercalations de marnes.
- f) **Coniacien** : contient les marnes argileuses avec intercalation d'argile marneuse et par des endroits de calcaire marneux.

II.1.1.3.Tertiaire

Les dépôts classés comme Tertiaire (Miocène) sont observés seulement dans la partie occidentale du domaine étudié et sont représentés par des conglomérats à éléments variés, cimentés par une matrice carbonatée et des intercalations de roches gréseuses.

II.1.1.4.Quaternaire

Les dépôts récents du Quaternaire sont formés par un matériel caillouteux, blocs de calcaires, grés, débris de la minéralisation et de conglomérats. Ils sont répandus aux flancs de la montagne et dans les parties basses du relief. [11]

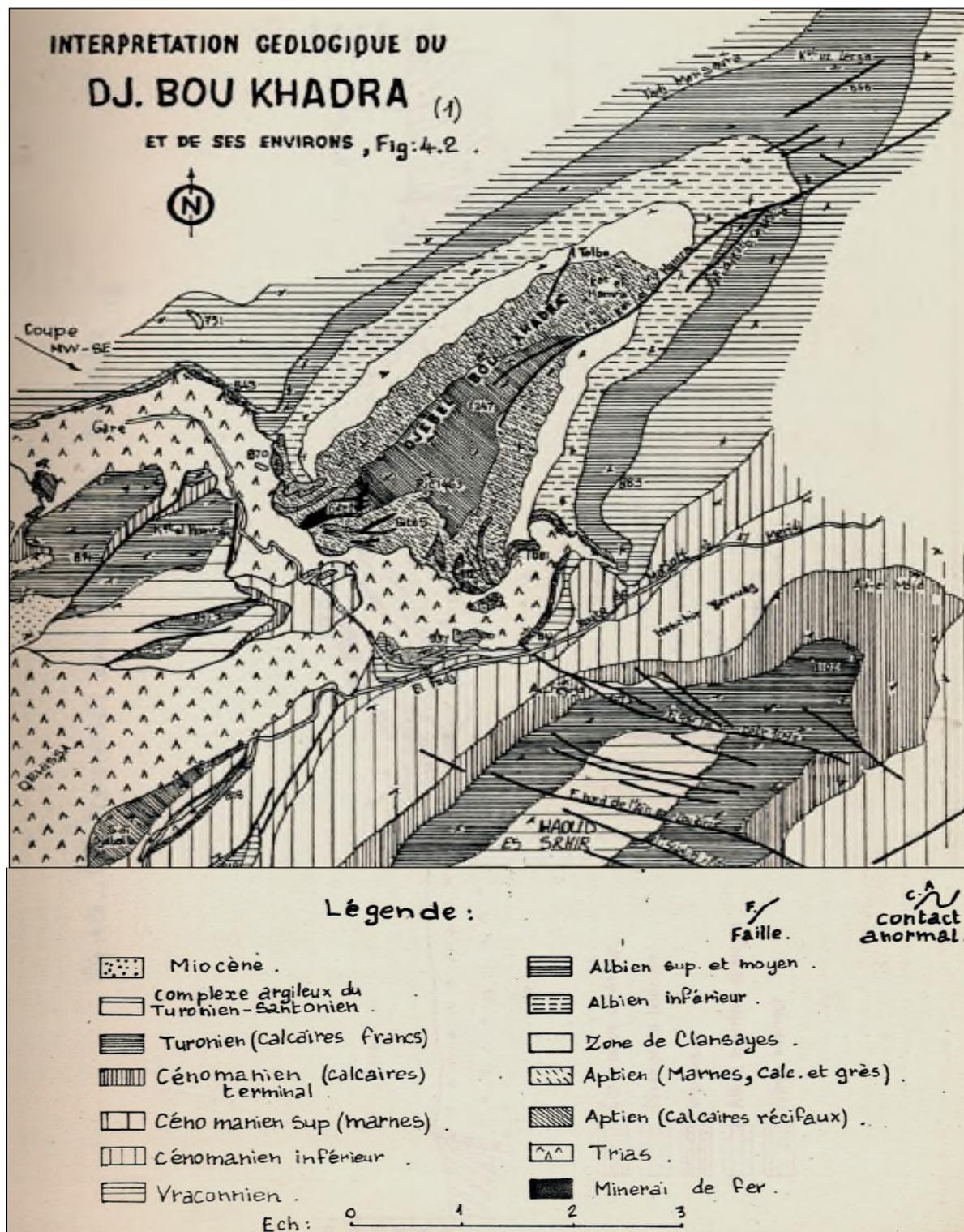


Fig. (II.01): Interprétation géologique de djebel BOUKHADRA [8]

GEOLOGIE LOCALE DES DEUX GISEMENTS

Tab (II.01): Colonne stratigraphique du Djebel Boukhadra [8]

Ages géologiques			Lithologie	Observations	
ALBIEN INF	FORMATION SUPERIEURE	II	Grés-carbonatée avec prédominance de carbonates	Biomicrocrites à polypiers	
		FORMATION MEDIANE		II	Franchement carbonatée
Microbrèches					
Calcaires massifs					
Grès fins rouges					
Marnes grises					
Calcaires					
Grès fins à matrice carbonatés.					
Biopolmicrites à orbitolines et bioclastes.					
Grès					
Microconglomérats					
FORMATION INF	FORMATION INF	III	Essentiellement terrigène (grés-carbonat.)	Calcaires bioclastiques.	
		I		Marno-calcaire	Marnes sableuses.
					Calcaire gréseux, Silts et grès.
					Biopelmicrites à forminifères
					e=30m
					Biopelmicrites à forminifères
					Calcaires à rudistes
					Calcaires à massifs
					Microbrèches.
					Biopelmicrites
Marnes grises ou jaunes					
Grès ocres					
FORMATION INF	FORMATION INF	I	Essentiellement Dét. Argilo-grés.	Calcaires oolithiques +/- bioclastiques	
				Calcaires bioclastiques.	
				Marnes jaunes ou grises à nodules carbonatés	
				Barre minéralisée (hématite-goethite): 15m.	
				Grès quartzites rouges.	
				Argiles silteuses verdâtres.	
				Marnes noires à la base.	
				Marnes versicolores à gypse	

II.1.2. Tectonique du massif de Boukhadra

La partie Orientale de l'Atlas Saharien est une zone bien individualisée et structurée depuis le Crétacé inférieur. Elle se trouve entre la plate forme saharienne qui est relativement stable au Sud, et l'Atlas tellien affecté par une tectonique plus ou moins intense au Nord. Les massifs de l'Atlas saharien sont des mégastructures à grand rayon de courbure, contrôlées par le diapirisme.

Le massif de Boukhadra est un anticlinal qui a la forme d'une ellipse allongée NE-SW. Il se trouve à la bordure d'un fossé d'effondrement « fossé de Morsott » orienté NW-SE dont l'initiation remonterait au moins à l'Eocène mais dont les accidents bordiers reprennent des failles limitant des blocs basculés dès l'Aptien).

Pour la description du massif du Boukhadra on distinguera trois éléments : la partie NE (un périclinal en demi- ellipse), la zone effondrée de Bled Dhissa et les limites bordières des évaporites triasiques.

II.1.2.1. L'anticlinal de Boukhadra (partie NE)

L'anticlinal de Boukhadra s'étend sur 7 à 8 Km du SW au NE, sa largeur variant entre 3 et 5 Km (Figure II.02). C'est l'un des anticlinaux qui caractérisent l'Atlas saharien oriental dont l'ossature est assurée par les niveaux calcaires du Crétacé. Il est relayé au Sud-Est par la structure synclinal de l'Haoud Es Srhir. Cet anticlinal résulte des compressions Néogènes qui ont structuré cette partie de l'Atlas saharien oriental en une suite de synclinaux et d'anticlinaux, le plus souvent percés par des évaporites triasiques.

II.1.2.2. La zone effondrée de Bled Dhissa (partie SW)

Toute la région est limitée au NE par le Djebel de Boukhadra et au SE par l'Haoud Es Srhir. Elle correspond à un effondrement qui se raccorde au fossé de Tébessa-Morsott.

L'affaissement du Dhissa est attesté par les calcaires turoniens du Koudiat el Hamra qui affleurent en contrebas de l'Aptien du Boukhadra.

Le Bled Ed Dhissa s'étend entre la région du Koudiat el Hamra au Nord et la route de Morsott au SE. Il est en grande partie recouvert de limons mais contient cependant de nombreux affleurements : calcaires Albo-Aptiens au Sud et des formations Triasiques (calcaires dolomitiques, grès) plus au Nord.

II.1.2.3. Les limites bordières

Il s'agit de l'ensemble des affleurements Crétacés qui limitent les évaporites Triasiques, situés au SW de l'anticlinal de Boukhadra. Deux ensembles d'affleurements peuvent être distingués

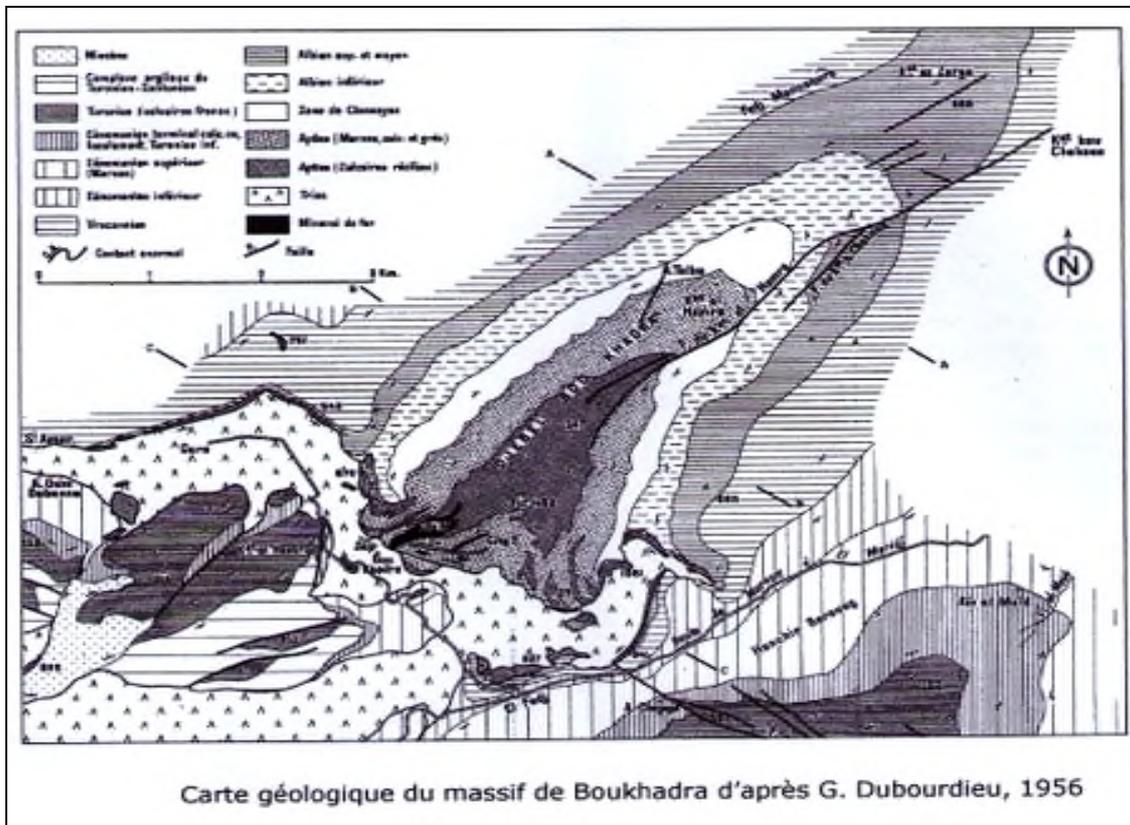


Fig. (II.02): Carte géologique du massif de Boukhadra et localisation des limites bordières de la zone effondrée. [9]

a) Les affleurements de la limite bordière Ouest (zone de la gare)

C'est une branche orientée NW-SE. La barre calcaire, en contact au Sud avec le Trias, constitue la crête qui domine la gare de Boukhadra. Elle affleure sur 1700 m de longueur. La barre de calcaires Albo-Aptiens est redressée à la verticale ou plongeant très fortement au SW. Les calcaires dont l'épaisseur est de l'ordre d'une vingtaine de mètres représentent la prolongation des formations avoisinant le Skip. Ils ont été soulevés par le Trias et repoussés du Sud vers le Nord (ces calcaires Aptiens changent brusquement de direction pour s'aligner de l'ENE à l'WSW).

b) Les affleurements de la limite bordière SE (Oum es Sbaa)

C'est une branche orientée NE- SW. Cette limite est constituée par des crêtes formées par des calcaires Albo- Aptiens (redressés à la verticale et se prolongeant sur près de 1500m du NE au SW. Il s'agit de deux lames de calcaires d'épaisseur de 10 à 20m, séparées par des horizons tendres revêtus d'éboulis.



Fig. (II.03) : Calcaires Albo-Aptien de la branche NE-SW de la limite bordière SE (oum Es Sbaa) [9]



Fig. (II.04) : Calcaires Albo-Aptien de la branche NE-SW de la limite bordière NW (zone de la gare) [9]

II.1.2.4. Les principaux accidents tectoniques

Le Djebel de Boukhadra est un grand pli anticlinal d'axe SW- NE, interrompu au Sud par l'effondrement de Bled Ed Dhissa. Il est relayé, au SE, par le synclinal perché de l'Haoud Es Srhir. Les failles qui affectent la région donnent, des irrégularités structurales de ces mégasstructures. Elles ont des directions NE- SW et NW- SE.

Les failles NE- SW caractérisent beaucoup plus la terminaison périclinale du massif. Elles sont dues à la résistance opposée au plissement par les formations rigides (les accidents du Kat el Hamra et Kat bou Chekoua au NE et l'accident Oum es Sbaa au SE.)

Les failles NW- SE se localisent au Sud de Boukhadra. Elles affectent la quasi- totalité du synclinal de l'Haoud es Srrhir et le recourent orthogonalement d'une manière presque régulière. Cette famille de failles s'amortissent aux seins des formations plastiques vers le NW tel que les marnes du Cénomaniens et ainsi l'aire du Bled ed Dhissa et réapparaissent de nouveau à l'extrémité NW. [9]

II.1.3. Localisation géographique et description géomorphologique

Le gisement ferrugineux de Boukhadra, appartenant au domaine de l'Atlas sahariens est localisé dans le massif montagneux de Djebel Boukhadra, caractérisé par une structure anticlinale très simple de direction NE-SW avec une terminaison périclinale au NE. Le Djebel Boukhadra s'étend sur une longueur de 7 à 8Km et une largeur variant de 3 à 5Km, suivant une direction NE-SW. Les côtes absolues dans les limites de la concession minière variant de 750Km au pied de la montagne à 1463m au point culminant, localisé au niveau du pic de Boukhadra. [6]

Le gisement de fer de Boukhadra est à relief montagneux de type amas et filons: il s'agit d'un gisement dressant d'origine hydrothermal, caractérisé par une morphologie ventriculaire avec une longueur d'environ 900 à 2200m et une épaisseur d'environ 10 à 50m.

Le gîte principal de Boukhadra, de direction NE-SW et d'une longueur de 1 Km, est représenté par de grandes et petites veines (e=25 à 30m, pendage 65° NW) qui se joignent dans la partie occidentale pour former un amas de 250 à 300 m de longueur avec 100 m de puissance, cet amas plonge sous les dépôts, du Trias. Le gîte secondaire est un filon de plusieurs centaines de mètres de long., de direction NE-SW avec un pendage de 50° à 60° vers l'Est et d'une épaisseur d'une dizaine de mètre en général. [8]

Globalement le gisement de Boukhadra est composé de quatre (04) corps minéralisés principaux avec des petites veines de moindre importance:

- Corps principal;
- Corps Nord ;
- Corps Médian ;
- Corps Sud.

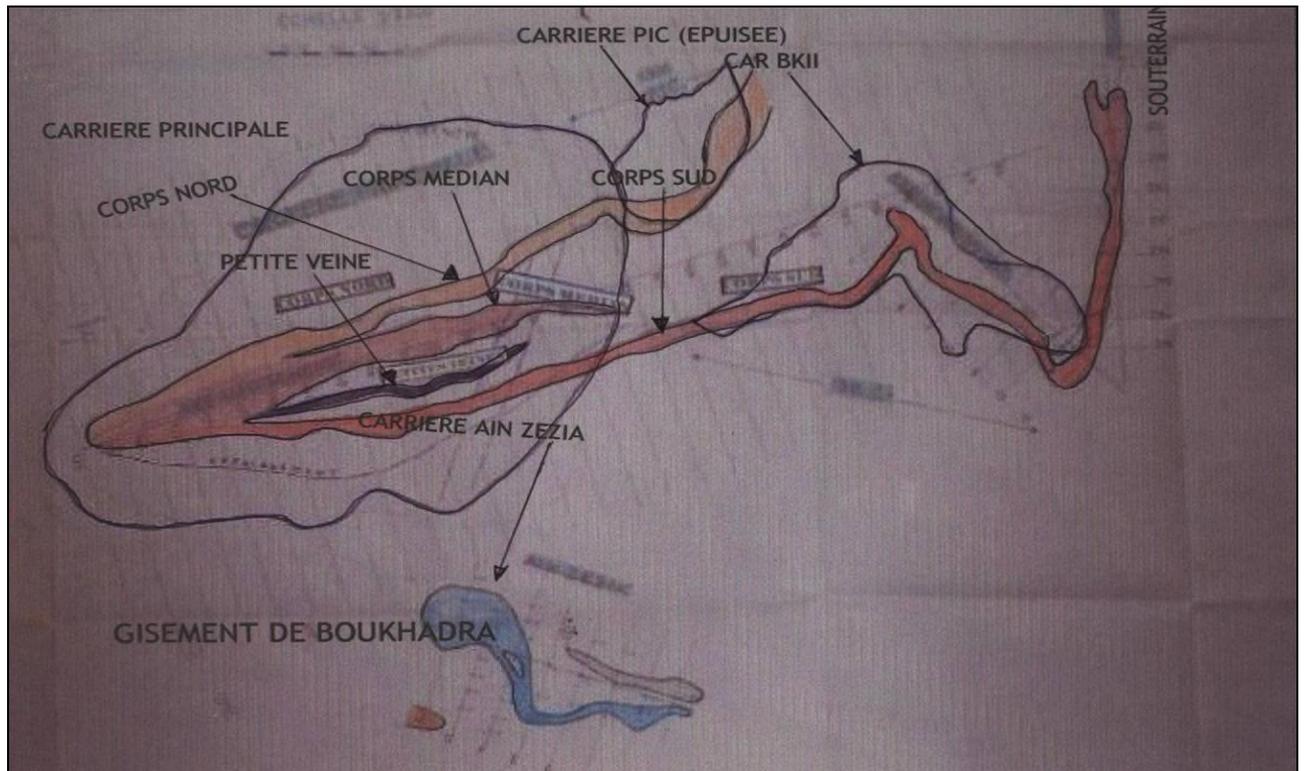


Fig. (II.05) : Le gisement de Boukhadra et ses différents corps minéralisés [1]

II.1.3.1. Composition minéralogiques

Le minerai exploité est constitué principalement d'hématite, le constituant majeur du minerai, goethite et autres ocres limonitiques. Il est issu de l'oxydation de la sidérose située au dessous de niveau hydrostatique.

- a) **L'hématite (Fe_2O_3) :** l'hématite se présente sous plusieurs formes. Elle est pulvérulente de couleur bleu noire rougeâtre, il s'agit d'un minerai riche, dur et homogène laissant souvent apparaître une trame rhomboédrique héritée du minerai carbonaté.
- b) **La goethite ($FeOOH$) :** La goethite forme des encroûtements à surface mamelonnée, brillante. Elle accompagne souvent l'hématite et elle est très fréquente dans les géodes.
- c) **La limonite [Terme englobant un ensemble d'hydroxydes de fer (type $FeO-OH, nH_2O$)]:** Les ocres limonitiques correspondent à des argiles imprégnées de limonites presque toujours associés à la goethite en encroûtement.

En plus de ces produits oxydés, on trouve aussi dans le minerai exploité de la calcite blanche en grands cristaux spathiques de 1 à 5 cm.

d) **La sidérite (FeCO_3)** : Elle caractérise le minerai primaire sous le niveau hydrostatique.

e) **Les minéraux du « cuivre gris » [Les cuivres gris correspondent aux sulfures où Cu accompagne As ou Sb]** : L'examen des données chimiques sur les « cuivres gris » de l'Ouenza (Bouzenoune, 1993) montre deux populations. Une population représentée par des tétraédrites.

Le « cuivre gris » il forme des disséminations au sein de l'encaissant silicifié. Il peut être associé à la calcite dans les fissures. Au microscope, ce minéral forme des cristaux automorphes se plaçant entre les grains de quartz qu'ils corrodent.

Une population représentée par des tétraédrites avec des teneurs en As de 4 à 7 % et une population nettement plus riche en As contenant 9 à 11 % d'As. [8]

II.1.3.2. Genèse et relation minerai-encaissant

Le gisement de minerai de fer de Boukhadra est un gisement du type : Amas dans des roches carbonatées, dits de substitution. .

Son type: fortement oxydé ou Bilbao.

Les dépôts de fer d'hématite-goethite interstratifiés dans les calcaires sont à l'origine de l'oxydation de la sidérose située au-dessous du niveau hydrostatique. [8]

Le massif de Boukhadra présente des concentrations ferrifères identiques à celles de l'Ouenza, Slata, Boujaber, M'zouzia (Rouvier et Al. 1985). Plusieurs métallotectes ayant contrôlé la distribution du minerai de fer dans l'édifice calcaire de Boukhadra ont été signalés. Tout le minerai de fer du gîte du Boukhadra est en effet encaissé dans des calcaires d'âge Albo-aptien. Sa mise en place s'est effectuée par le processus de remplacement et préférentiellement à l'apex du diapir. Ces calcaires présentent les caractères d'un calcaire sublithographique dont la porosité et la perméabilité actuelles sont à l'évidence très peu importantes. La porosité nécessaire pour la circulation des fluides serait représentée par une microfissuration des calcaires Albo- Aptiens (Bouzenoune, 1993). La concordance des corps minéralisés n'est apparente qu'à une échelle hectométrique, dans le détail les limites de la minéralisation sont sécantes et discordantes sur les strates Albo-Aptiennes (Fig. II.06). Les contacts minéralisation-calcaire sont souvent sinueux, ils peuvent aussi être soulignés par des

tâches en prolongement du minerai dans le calcaire. Enfin on trouve souvent des reliques de calcaire au sein de la minéralisation hématitique.

Au corps principal, on trouve la minéralisation en contact tectonique avec les évaporites extravasées du Trias. Ce ci est prouvé par l'existence du Trias au dessus de la minéralisation. [9]



Fig. (II.06): Exemple de discordance du minerai sur l'encaissant. Des reliques de calcaire dans le minerai témoignent de son installation par remplacement. [9]

II.1.3.3. Catégorie et estimation des réserves

Selon la première estimation des réserves réalisées par la D.E.D (la Division d'Etude et Développement) basée sur les résultats de prospection, les réserves géologiques globales sont évaluées à 50 millions de Tonnes en catégories B, C1, C2.

Catégorie A (réserves certaines)

Catégorie B (réserves probables)

Catégorie C (réserves possibles)

Les réserves exploitables de la mine arrêtées au 31/12/2014 sont de l'ordre de **43 684 910 de Tonnes** dont 12.6 millions seront extraites par ciel ouvert et 31 millions par le souterrain.

GEOLOGIE LOCALE DES DEUX GISEMENTS

Tab. (II.02): Les réserves géologiques et exploitables de la mine de Boukhadra [1]

SITES ET QUARTIERS		RESERVES GEO (T)		RESERVES EXP (T)		OBSERVATIONS
		TONNAGE	Fe %	TONNAGE	Fe %	
CIEL-OUVERT	MINE PRINCIPALE	10 323 680	57,15	9321980	55,95	Site amont en devp
	MINE PIC	-	-	-	-	Epuisement des réserves (categorie B)
	MINE BK II	-	-	-	-	Epuisement des réserves (categorie B)
	MINE AIN ZAZIA	3 518 316	43,05	3 342 400	42,55	
TOTAL CIEL-OUVERT		13 841 996	53,57	12 664 380	52,41	
SOUTERRAIN	3 ^{ème} PHASE 1105 /1165	2 879 730	54,4	1 400 730	54,07	Sur les deux axes axe sud est et axe principal (categorie B)
	4 ^{ème} PHASE 1105 /1045	6 440 000	54,77	6 023 100	54,75	Sur les trois axes en projet (categorie B)
	AU DESSOUS DE 1045	11 201 700	55,22	11 201 700	55,22	En projet (categorie C1, C2)
	Total réserves mine-prin non expl à ciel ouvert	13 000 000	57	12 395 000	55,86	En projet
TOTAL SOUTERRAIN		33 521 430	55,75	31 020 530	55,33	
TOTAL MINE		47 363 426	55,11	43 684 910	54,49	En categories B+C1+C2
TOTAL MINE (au debut de l'exploitation)		56 613 726		52 935 210		En categories B+C1+C2+P

II.2. Géologie du gisement de ROUINA

Le gisement de fer de Rouina, fait partie du massif rocheux de Rouina. Ce massif a pris naissance après l'orogénèse Alpine aux frontières du méga géosynclinal, sous forme d'un anticlinal de direction 30°-40° NE émergeant au milieu des alluvions de la vallée de Chlef. Les flancs de cette anticlinal sont composés de terrains carbonatés du secondaire avec des pentages croissant à partir du cœur vers l'extérieur (fig. II.07) le cœur inclut des formations paléozoïques.

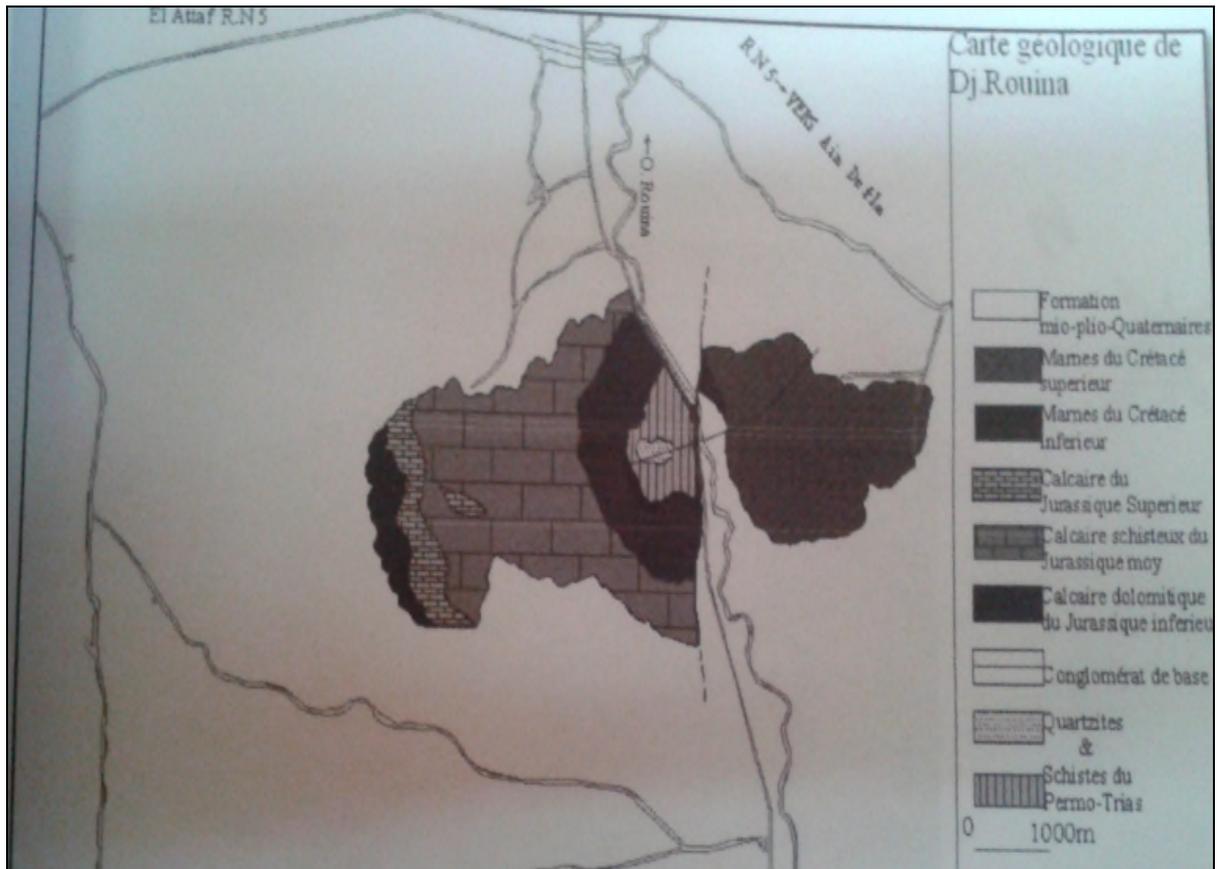


Fig. (II.07): carte géologique du massif de Rouina [7]

L'utilisation des données antérieures jointes à nos observations sur le terrain nous ont permis d'avoir un aperçu lithologique, malgré les difficultés dû à la stérilité des terrains causées entre autre par le métamorphisme qui a rendu l'attribution des âges aux formations délicates, mais les auteurs qui ont travaillé sur la région ont corréler ces formations aux formations des régions voisines mieux connues pour minimiser les difficultés de datation. [7]

II.2.1. Lithostratigraphie

II.2.1.1. Paléozoïque

Dans la région d'étude, le paléozoïque est représenté par le substratum permo-triasique connu sous le nom de la série schisto-gréseuse et conglomératique, cette formation Azoïque est constitué de schiste et de quartzite, elle affleure à l'Est du gisement au contact des argiles limonitiques, à la faveur d'une brèche tectonique. La série plonge vers l'Ouest et montre une schistosité, ces calco-schistes versicolores sont intensément fracturés. Les fractures sont remplies de minéralisation ferrugineuse.

L'étude microscopique a révélé la présence d'une trame de calcite fine pleine d'inclusion de matière organique dans laquelle sont disposés de petits grains de quartz détritiques, des fragments de feldspath abîmés, sous forme d'albite et de plagioclases, des paillettes de muscovites et quelques cristaux de tourmaline. Cette calcite montre une orientation due au métamorphisme et des fractures remplies d'oxydes de fer. Le tout est traversé par des veinules de calcite limpide.

II.2.1.2. Jurassique

Le Jurassique présente la majorité des affleurements au Rouina. Comme partout dans l'Ouest Algérien, le Jurassique, est constitué de bancs carbonatés massifs.

a) Lias

Il est discordant sur le socle Paléozoïque à la faveur d'une couche peu épaisse (quelques mètres), incluant des éléments gris claires et violacé des schistes, elle témoigne le passage des schistes du Paléozoïque au calcaire du Jurassique ; son âge n'est pas précis. Le conglomérat de base est suivi d'une couche assez épaisse de calcaire grisâtre attribuée au Lias inférieur.

Des calcaires rougeâtres dans les niveaux plus élevés montrent au microscope des plages de calcite fine incluant des grains de quartz diagénétique, de la calcite limpide plus grossière, parfois pigmentée de fer, traversées par des fractures remplies d'oxydes et hydroxydes de fer. Cette formation est d'âge Lias moyen.

b) Dogger

Une formation compacte de calcaire massif gris bleuté riche en nodules de silex, surmonte le Lias moyen; sa puissance est d'environ 50m. L'étude microscopique faite par Kireche (1993) révèle la présence de débris d'entrouques et des micro-filaments, retrouvés dans les faciès du Dogger des régions telliennes, ce qui a permis de lui attribuer un âge Dogger.

c) Malm

Une série calcaire et marno-calcaire en petits bancs, situés au dessus de la série Dogger, a fournit des Calpionelles et des débris d'Aptychus, ces Calpionelles lui donnent un âge Tithonique-Berriasien.

II.2.1.3. Crétacé

A l'Ouest d'oued Rouina, un affleurement restreint de marnes grises vertes au-dessus des calcaires jurassiques est reconnu comme étant du Crétacé supérieur.

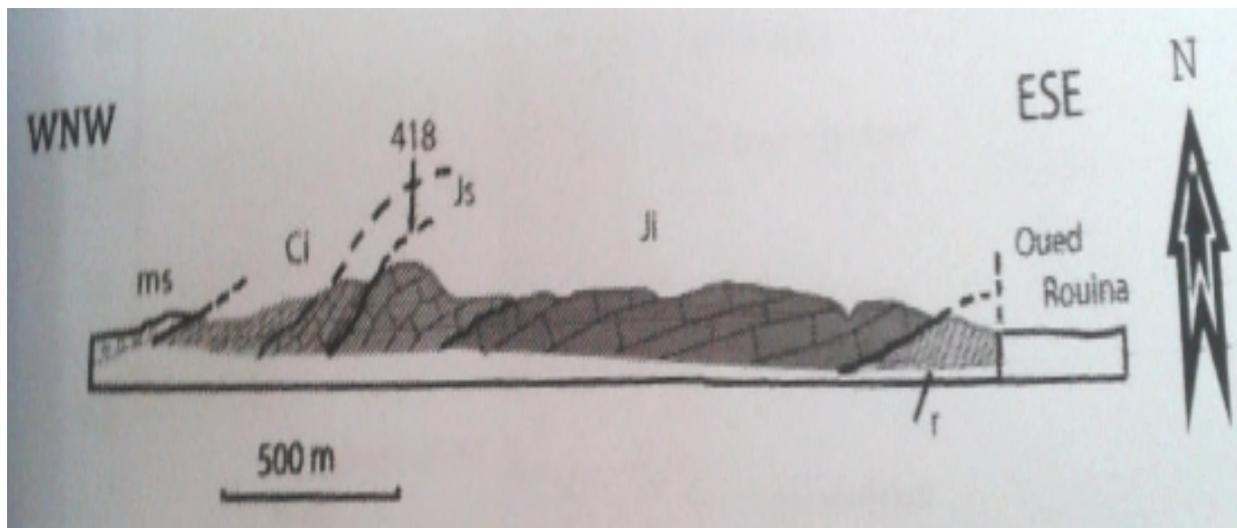


Fig. (II.08) : Coupe géologique du flanc Ouest du massif de Rouina.

Légende :

r : Série schisto-gréseuse du Doui ;	Js : Malm ;
Ji : Lias et Dogger ;	Ci : Crétacé inférieur ;
Ms : Miocène supérieur.	

La coupe ci-dessus (figure II.08) montre les séries du flanc Ouest de l'anticlinal de Rouina, elle débute à l'Est par le socle paléozoïque et se termine à l'Ouest par des dépôts du Miocène supérieur en passant par les formations jurassiques et crétaées, sans qu'on y mentionne le conglomérat de base qui marque le contact entre le socle et la couverture. (figure II.09)

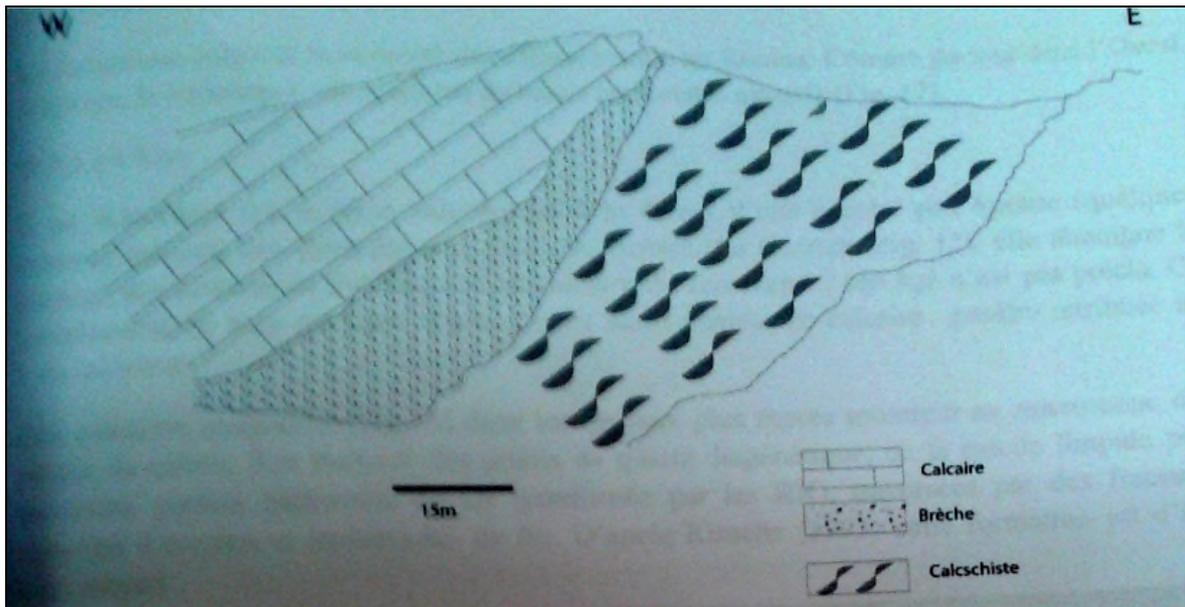


Fig. (II.09): coupe Est-Ouest montant le contact socle-couverture [7]

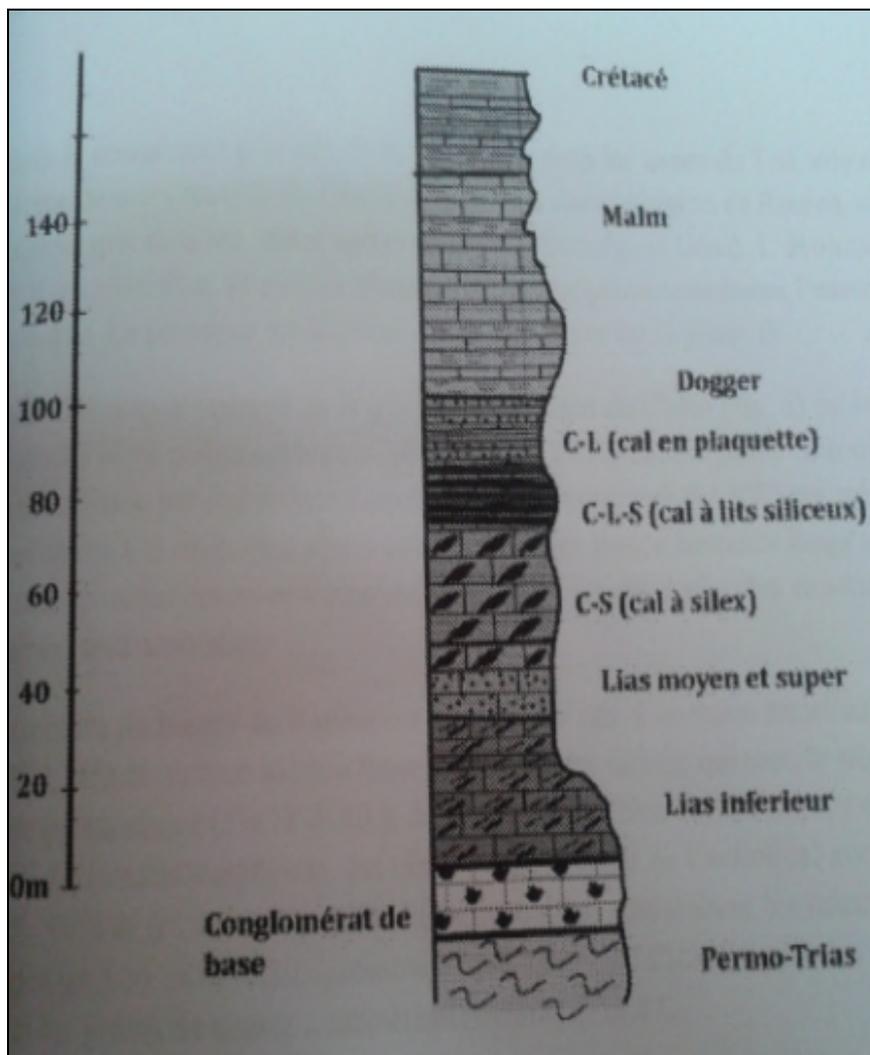


Fig. (II.10): Log stratigraphique du massif de Rouina [7]

II.2.2. Tectonique du gisement

Malgré la complexité générale de la tectonique dans les zones du tell, elle reste assez évidente dans les massifs du Chlef. Néanmoins dans la région de Rouina, elle reste plus complexe que dans les deux autres massifs (Témoulga et Doui). L'évolution de la tectonique est polyphasée. Deux phases de plissements schistogènes constituent l'essentiel de cette tectonique.

Les caractéristiques majeures de la gouttière du bassin du Chélif est la naissance de schistosité et du métamorphisme épizonal suite à la première phase tectonique. Cette dernière est caractérisée par des plis dissymétriques à déversement S à SW, ces mêmes caractéristiques s'appliquent à la deuxième phase avec en plus des flancs normaux longs et faiblement pentés et flancs inverses courts et fortement inclinés. A ces deux plis, des structures planaires et linéaire, sont associées à ces deux plis.

La structure du massif de Rouina est simple, il s'agit d'un vaste anticlinal de direction 30° à 40° NE, affecté surtout sur flanc Ouest par des failles, qui sont le siège de dépôt de la calcite palissadique, de la barytine et bien sûr les oxydes et hydroxydes de fer. Un métamorphisme est visible dans le cœur de l'anticlinal avec les calcschistes à S1 N 30°, 40°SW, et dans les lits siliceux que contiennent les calcaires du Lias et du Dogger. Microscopiquement cette tectonique s'identifie par les foliations de la calcite fine et les grains de quartz à extinction roulante.

II.2.2.1. Les failles

Elles affectent les formations du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur du massif de Rouina. Elles sont très fréquentes dans la partie occidentale du secteur.

Dans la partie Ouest de la mine, où les failles s'observent mieux, deux types de failles majeures, ont été relevées :

- Des failles de décrochement, elles sont de direction N40° à N60° et leur mouvement est dextre avec des pitches entre 20° à 30°SW.
- Des failles normales, elles sont les plus abondantes et de direction N0° à N10°. Des failles inverses plus discrètes.

II.2.2.2. Les fentes de tensions

Une autre manifestation des contraintes s'observe, se sont les fentes de tensions qui sont peu abondantes et renferment généralement de la calcite, Leur taille est centimétrique à décimétrique. [7]

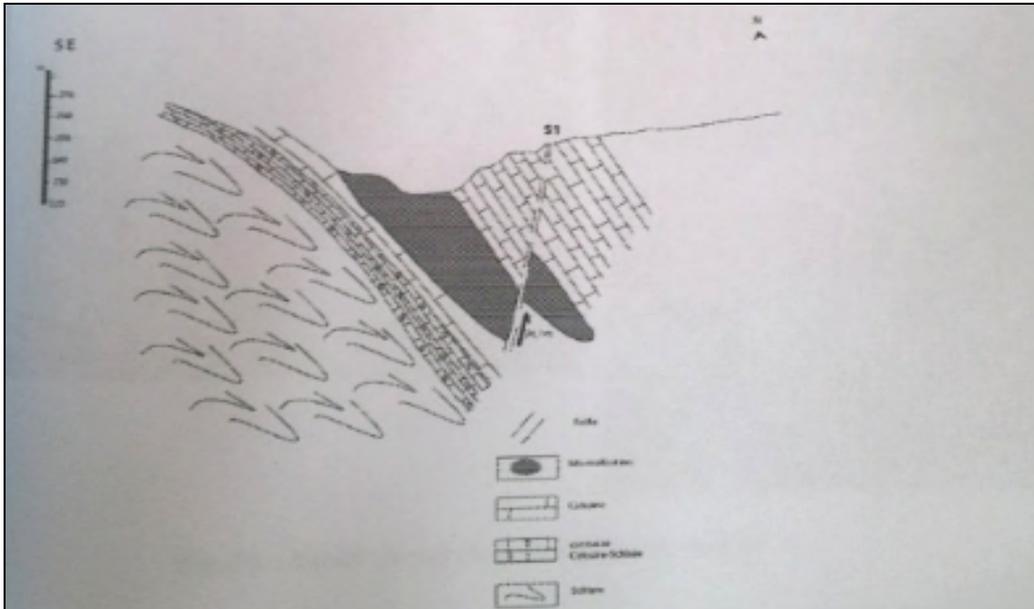


Fig. (II.11): coupe géologique montrant le rejet apparent d'une faille normale. [7]

II.2.3. Morphologie et Genèse

La majorité de la minéralisation ferrifère de Rouina est localisée dans la partie inférieure de la coupe des calcaires du Lias sur le flanc Nord-Ouest de l'anticlinal. La minéralisation s'est formée suite à la circulation hydrothermale des solutions riches en minéraux dans les zones affaiblies par la tectonique suivie d'une métasomatose-hydrothermale postérieure. Le caractère de la minéralisation est strictement contrôlé par la situation tectonique déjà existante dans le milieu encaissant au moment de la pénétration des solutions hydrothermale. Les filons et les colonnes minéralisées de la région Filonienne se sont formés ainsi. La formation de l'amas de minéralisation dont l'épaisseur atteint 30 mètres est liée à la zone tectonique « Ravin Sud-Mérimet ». Les filons sont formés par des corps minéralisés irréguliers qui se rétrécissent parfois jusqu'au biseautage complet et parfois par des renflements pouvant atteindre 3 à 4 mètres d'épaisseur suivant la direction ainsi qu'en profondeur, ce qui leur donne une allure zonale, la majorité de ces corps est représentée par

une masse monominérale d'hématite formée à partir de la circulation des solutions hydrothermales dans les espaces ouverts des accidents tectoniques.

L'amas de minerai est confirmé par les sondages jusqu'à la profondeur de 75 mètres dans un intervalle de 600 mètres au Ravin Sud. Le minerai atteint une épaisseur de 30 mètres et à tendance à se biseauter suivant le pendage. La déclinaison de l'amas de minerai est en moyenne de 9NE, le pendage varie de 25 à 50 NW. La disposition plus douce de minerai est observée dans la partie proche de la surface.

En général le minerai de fer du gisement de Rouina (toutes qualités confondues) est destiné aux cimenteries. Ainsi dans le minerai extrait nous pouvons avoir une teneur allant de 40 à 41 % de fer Total, Ce qui correspond à 57 -58% de Fe_2O_3 . [5]

II.2.4. Minéralisation

II.2.4.1. Réserves géologiques et exploitables

Le calcul des réserves géologiques a été effectué par la méthode des coupes horizontales (courbes des niveaux), avec une maille de prospection 100x20-50m.

Les surfaces sont calculées par la méthode planimétrique digitale.

La méthode de calcul des réserves consiste au calcul des surfaces moyennes entre les coupes géologiques établies.

La densité moyenne du minerai considéré est de 2.7 t/m³, d'après les données des essais effectués durant la campagne de prospection (1989-1992).

Les résultats des calculs sont :

- Réserves initiale au dessus du niveau 220 m: **2 690 960 Tonnes.**
- Réserves géologiques restantes à la fin de l'année 2014 : **1 543 918 Tonnes.**
- Réserves exploitables restantes à la fin de l'année 2013 : **1 167 885 Tonnes.**
- Les réserves sont classées dans la catégorie C1, à cause du degré de prospection (maille), et de la morphologie du corps. [6]

II.2.4.2. L'encaissant de la minéralisation

Les contacts de la minéralisation avec les roches encaissantes peuvent être visuellement presque imperceptibles ou bien, au contraire brusques quand les concentrations en fer montent de 3 à 5% et même 30-40%.

Pratiquement toute la zone du métasomatose-hydrothermale est représentée par la minéralisation. Dans le dépôt de la minéralisation il existe des blocs de métasomatites hors conditions qui peuvent atteindre 3 mètres d'épaisseur.

Le corps minéralisé est parfois encadré dans la zone de calcaire ayant subi une transformation hydrothermale sur une épaisseur variant de 0.5 à 1.5 mètres. A proximité de la minéralisation il apparaisse des nids d'agrégats argileux blancs gras au toucher, de calcaires marmorisés crème et de goethite noire. La calcite saccharoïde blanche accompagne toujours les filons minéralisés. Dans les zones d'accumulation des débris de calcaire nous assistons à la formation des métasomatites ferrosiliceuses cimentées par de l'hématite. Les minéralisations filoniennes tendres de la région Filonienne ont fait l'objet d'une exploitation artisanale et leurs teneurs en fer dépassées 50%.

Les processus de la métasomatose hydrothermale qui se sont produits dans le contour de la zone tectonique Ravin Sud-Merimet ont été accompagnés par l'élimination complète de l'oxyde de calcium et par l'apport de fer et de la silice. Comme résultat, dans les endroits de localisation des calcaires broyés, les métasomatites de ferro-siliceuses brun-noires comportant les minerais de goethite-hématite se sont formés.

La majorité des réserves est représentée par la goethite au sein de laquelle il y a des accumulations de forme irrégulière d'hématite. Au contact de la zone de métasomatites, les calcaires encaissants ont subi le processus de marmorisation. [5]

➤ **Conclusion**

Dans ce chapitre on a cité la stratigraphie de chaque gisement ainsi sa tectonique et ses réserves ; on a parlé aussi sur la minéralisation et sa composition et ainsi sa genèse.

➤ **Introduction**

Les travaux exécutés lors de l'extraction d'un minerai s'appellent travaux miniers, Suivant l'emplacement de l'exécution des travaux miniers, on distingue : le mode d'exploitation à ciel ouvert où les travaux s'exécutés a la surface du sol et le mode d'exploitation souterrain où les travaux s'effectués au sous-sol.

En d'autre terme un système d'exploitation caractérise le développement des travaux préparatoires de découvertures et d'extraction dans le temps et dans l'espace.

Pour chaque mode d'exploitation on trace un plan d'exploitation détaillé, prévoyant d'une façon précise le découpage et l'extraction du minerai. Les gisements étaient souvent de forme irrégulière, alors il faut qu'on procède d'abord aux travaux d'explorations, donc à une vaste campagne de sondages pour établir le profil géologique du terrain et déterminer la position et les limites du gisement. L'extension du gisement détermine le périmètre de la mine.

Pour les déférents projets miniers, on peut choisir l'un des deux modes d'exploitation (à ciel ouvert ou souterrain), de même on peut utiliser l'exploitation mixte pour quelques types de gisements comme les deux gisements objet de notre étude (gisement de Boukhadra et de Rouina), et ça dépend principalement de la topographie du gisement, leur position (surface ou souterrain) ainsi qu'aux terraines de recouvrements (rapport de découverte) ainsi les conditions économiques (prix de revient).

Les méthodes d'exploitation mises en place varient d'un point à l'autre afin de prendre en compte des variations géologiques locales et de maintenir la rentabilité des travaux. Parmi les très nombreux facteurs qui interviennent pour modifier les conditions de travail, signalons spécialement :

- La puissance, le pendage et l'irrégularité de la formation ;
- La dureté, les propriétés mécaniques du minerai et la nature des épontes ;
- Les variations des teneurs ;
- La stabilité des ouvrages ;
- L'importance du gisement ;
- La teneur du minerai.

III.1. L'exploitation de la mine de Boukhadra

L'exploitation de la mine de Boukhadra se fait par deux modes d'exploitation, ce dernier est composé des quartiers d'exploitation à ciel ouvert et souterrain qui représente environ 50 millions de tonnes des réserves de fer avec une teneur supérieur à 50% en fer.

Les quartiers sont les suivants :

- 1- Mine à ciel ouvert principale, subdivisée en :
 - Site amont,
 - Site médian,
 - Site aval.
- 2- Quartier BK II,
- 3- Quartier souterrain,
- 4- Quartier Ain Zazia.

Actuellement, les travaux d'exploitation sont s'effectues au niveau de la mine à ciel ouvert principale avec ses trois sites (amont, aval et médian) qui représente les principales sources de minerai de la mine avec le quartier. Concernant les autres quartiers, le quartier BK II est épuisé, d'autre part, le quartier Ain Zazia représente une faible teneur du minerai mais, il sera mis en exploitation au 2^{eme} semestre de l'année en cours. [1]

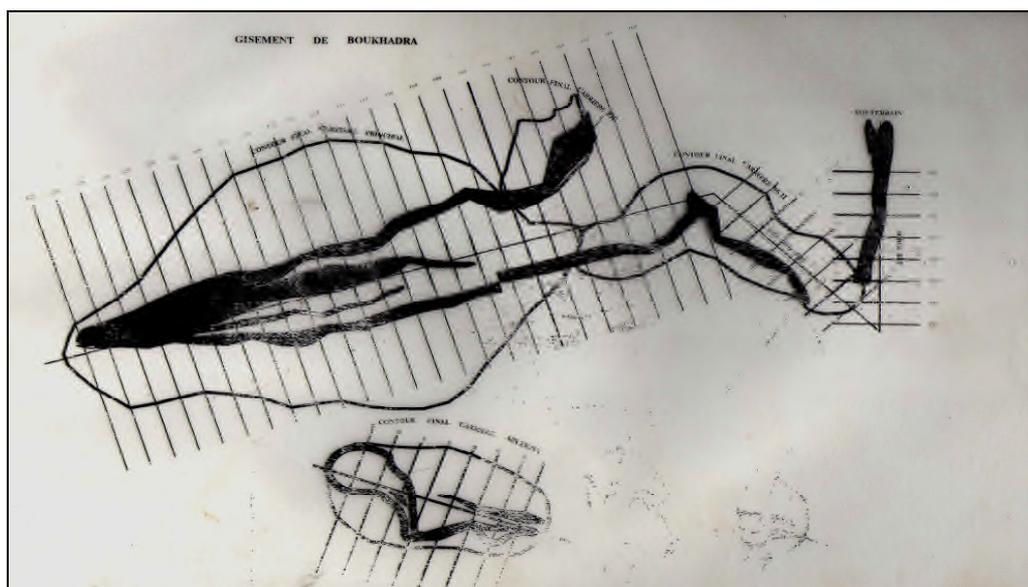


Fig. (III.01) : Subdivision du gisement de Boukhadra [1]

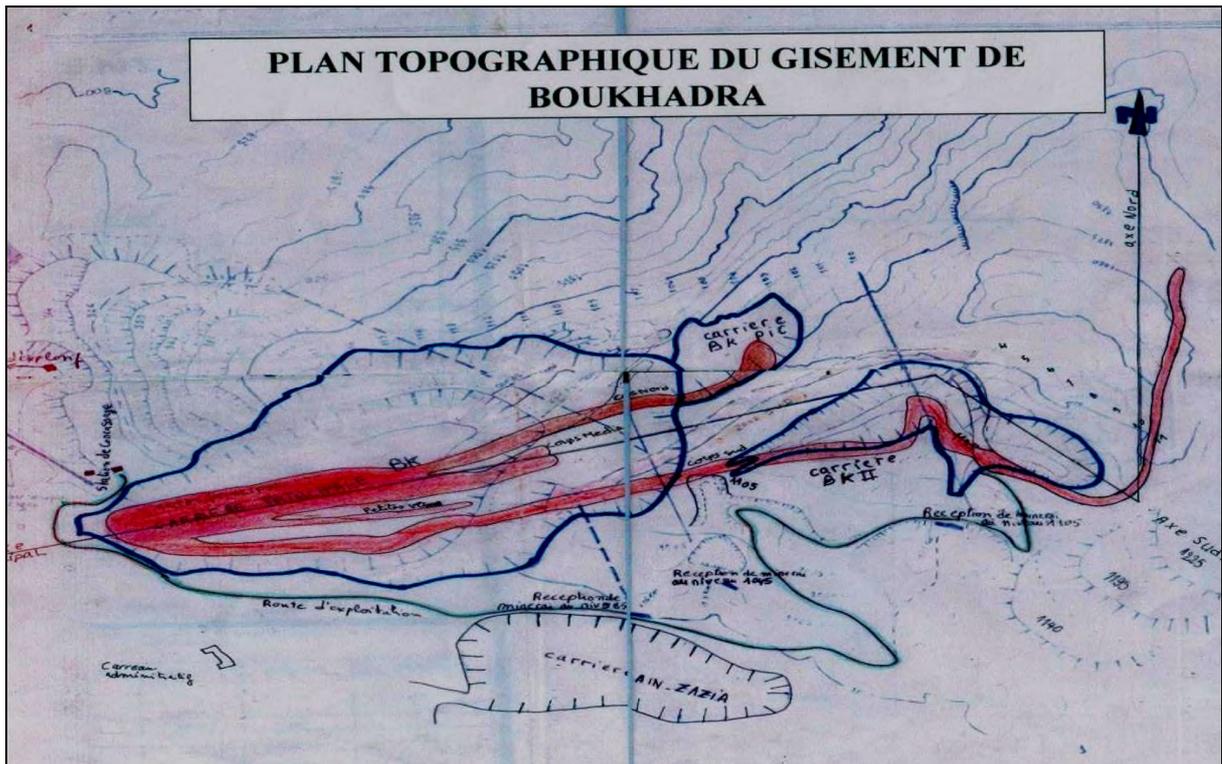


Fig. (III.02) : Plan topographique du gisement de Boukhadra. [1]

III.1.1.L'exploitation souterraine de la mine de Boukhadra

Le plan d'exploitation général de la mine souterraine de Boukhadra, est basé sur un accès facile, situé à proximité de la mine à ciel ouvert actuelle et se poursuivant ensuite dans le montage.

Le quartier souterrain contient plus de 70% des réserves globales de la mine. Le secteur d'exploitation souterrain qui comprend également trois sous secteurs répartis comme suit :

- a. **Axe principal** : ses réserves situées en dehors du contour final de la mine à ciel ouvert principale et qui se trouvant au-dessus du niveau 1135 m entre le profil 100-108.
- b. **Axe Sud-Est** : ses réserves situées au-dessus du niveau 1135 m, qui se trouve entre les coupes topographiques 4 et 11.
- c. **Axe Nord** : Limité par la coupe 292 au Sud et 305 au Nord.

Les conditions minières et l'allure du relief nous a permis de deviser le quartier souterrain en plusieurs étages à savoir :

- 1^{er} étage : 1225/1300m (axe Nord) épuisé ;
- 2^{eme} étage : 1165/1225m (axe Nord) épuisé ;

- 3eme + 4eme étages : 1105/1165m (axe Nord + axe Sud-est + axe principale) ;
- 5eme + 6eme étages : 1045/1105m, 985/1045m, 925/985m.

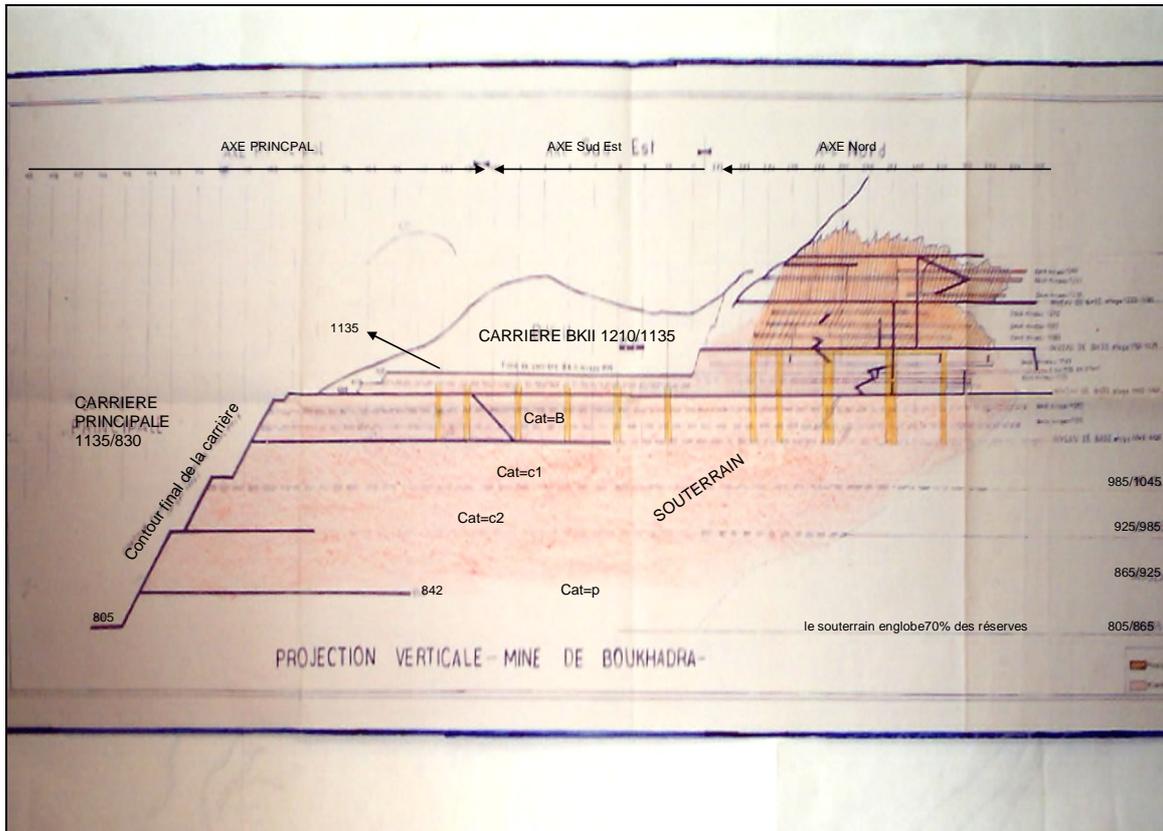


Fig. (III.03) : Coupe transversale du quartier souterrain avec ses trois axes. [1]

Actuellement, l'exploitation souterraine est concentrée sur l'axe Sud-Est du 3^{ème} étage (1105/1135m), tandis que les travaux de développement se réalisent au niveau de l'Axe principal du 3^{ème} étage 1105/1135m et au niveau des axes Nord, et l'axe Sud-Est et l'Axe Principal du 4^{ème} étage.

3^{ème} Étage : Cet étage dispose de 1.4 million de tonne de minerai de fer titrant de teneur 54.23 % Fe.

4^{ème} Étage : Cet étage dispose de 6 million de tonne de minerai de fer titrant 54.75% de Fe.
[1]

III.1.1.1.Méthode d'exploitation

a. Facteurs de choix

Le choix de la méthode d'exploitation se fait de manière à obtenir un débit maximal d'extraction à un coût minimal, avec le moins de risque possible pour les mineurs.

Le choix de la méthode d'exploitation dépend de plusieurs facteurs à savoir:

- Des caractéristiques géologiques du gisement: sa forme, ses dimensions, sa continuité, la position du gisement par rapport au relief ;
- Des caractéristiques minéralogiques et physiques du minerai et celles des roches encaissantes;
- Le pendage et la puissance de la couche minéralisée ;
- La valeur des minéraux, et leur composition ;
- La stabilité et la résistance du massif rocheux et des impératifs de production et de sécurité

Chaque mine est un cas particulier, mais toutes les méthodes d'exploitation ont des objectifs communs : la rentabilité et la sécurité.

Au niveau de la mine de Boukhadra (quartier souterrain), plusieurs méthodes ont été expérimentées (chambre magasin, sous niveaux foudroyés et sous niveaux abattus). Après, il a été retenu que la méthode d'exploitation par sous niveaux abattus est la méthode la plus adaptée dans la veine Sud de Boukhadra, car celle-ci présente un fort pendage et une puissance notable. Cette méthode se pratique en chantiers ouverts. Le remblayage consolidé des vides permet de récupérer ultérieurement des piliers laissés en place, de sorte que l'on obtient un taux très élevé de récupération du minerai.

Cette méthode s'applique aussi là où les épontes s'effondrent sans difficulté. [12]

b. Principe de la méthode :

Dans la méthode de sous-niveaux abattus, le corps minéralisé est divisé horizontalement en sous-niveaux.

Les forages parallèles aux épontes (si le filon est très mince) ou en éventail sont exécutés à partir des galeries creusées dans le corps minéralisé aux différents sous-niveaux.

Le minerai abattu en grande masse par tranche verticale est récupéré à la base sur les points de chargement à partir des galeries d'abattage, ou par les recoupes qui relient la galerie de roulage et la galerie de foration au milieu de niveau de base, ainsi que la récupération d'autres quantités dans les sous-niveaux.

Les chambres restent vides après l'extraction du minerai, elles sont plus souvent très grandes principalement en hauteur, et les épontes ne sont pas soutenues. On abandonne de distance en distance, des piliers qui assurent à la fois le support des épontes dans le plan vertical et dans le plan horizontal qui se traduit par un pilier de couronne.

III.1.1.2.Travaux d'ouverture

C'est le premier stade de l'exploitation. Pour accéder au gisement il faut réaliser son ouverture : c'est-à-dire à partir de la surface.

On appelle ouverture d'un gisement, le creusement des ouvrages (excavations) miniers donnant l'accès à ce gisement à partir de la surface (jour). Dans tous les cas d'exploitation souterraine, ces ouvrages doivent assurer : une entrée d'air, une sortie d'air et des voies de transport pour le matériel, pour les produits à extraire et pour le personnel.

En outre on utilise des travers-bancs qui permettent de se diriger vers les gites à exploiter, des cheminées pour atteindre des étages supérieurs ou des puits intérieurs pour accéder aux niveaux plus bas du gisement. [12]

Dans la mine souterraine de Boukhadra, l'ouverture a été réalisée par des galeries au jour tous les 30 m, d'une section de 12 à 14 m² ; car il s'agit d'un gisement dressant situé dans un relief montagneux (flanc de couteau).

- La première galerie au jour (niveau de base) est située au niveau 1105 m.
- La dernière galerie au jour (niveau de tête) est située au niveau 1285 m.
- Les différents niveaux sont reliés entre eux par une cheminée de liaison.

➤ **Les avantages et les inconvénients d'ouverture par galerie au jour**

Les avantages:

- Simplicité du schéma d'ouverture ;
- Absence de dépenses pour la construction des installations d'extraction et d'exhaure.
- Possibilité d'emploi du transport sur pneus ;
- Cout réduit de creusement et d'entretien ;
- Rapidité de la mise en service de la mine.

L'inconvénient principal de l'ouverture par galerie au jour par rapport à l'ouverture par puits c'est que les galeries aux jours ne permettent pas souvent d'atteindre les étages inférieurs du gisement. [12]

III.1.1.3.Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires dans la méthode d'exploitation par sous-niveaux abattus sont importants.

D'abord, le gisement est découpé en panneaux d'environ 60 m de hauteur, Après des galeries d'accès (voies de roulage) doivent être tracées dans le gisement à intervalles verticaux assez rapprochés (de 10 à 20 m), et suivant une disposition bien déterminée. Celle-ci est la même à tous les sous-niveaux, sauf qu'elle est légèrement décalée d'un sous-niveau à l'autre, de sorte que les galeries d'un sous-niveau donné se trouvent entre celles du sous-niveau supérieur. Bien que les travaux de creusement soient assez importants, il s'agit d'une opération simple qui se prête bien à la mécanisation.

Le creusement simultané de plusieurs galeries à différents sous-niveaux implique une utilisation optimale du matériel. [13]

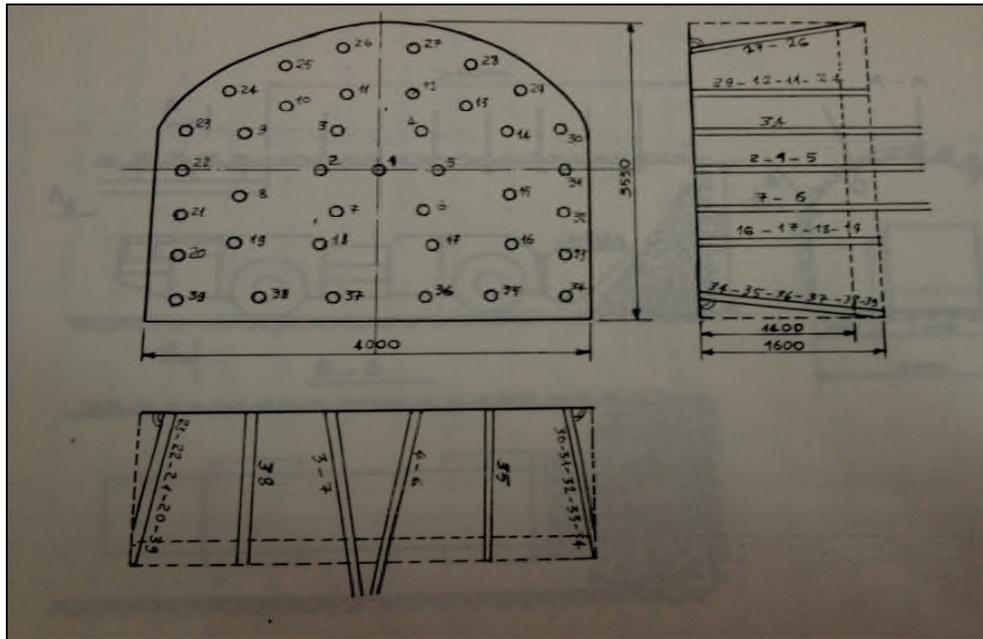


Fig. (III.04) : Plan de tir pour l'ouverture d'une galerie de roulage. [02]

Après la réalisation d'une galerie de roulage, on creuse des recoupes jusqu'aux limites latérales du gisement pour délimiter ce dernier, et en fin une cheminée creusée suivant le pendage du gisement qu'est destinée au soutirage du minerai abattu, et qui s'élargie au cours de l'exploitation. La section des recoupes et des galeries est de 10m^2 .

Les travaux préparatoires comprennent aussi une galerie de roulage dans les roches stériles et celle d'airage située au mur de 10 à 15 m du gisement.

Une cheminée creusée dans les stériles permet la liaison entre ces deux galeries.

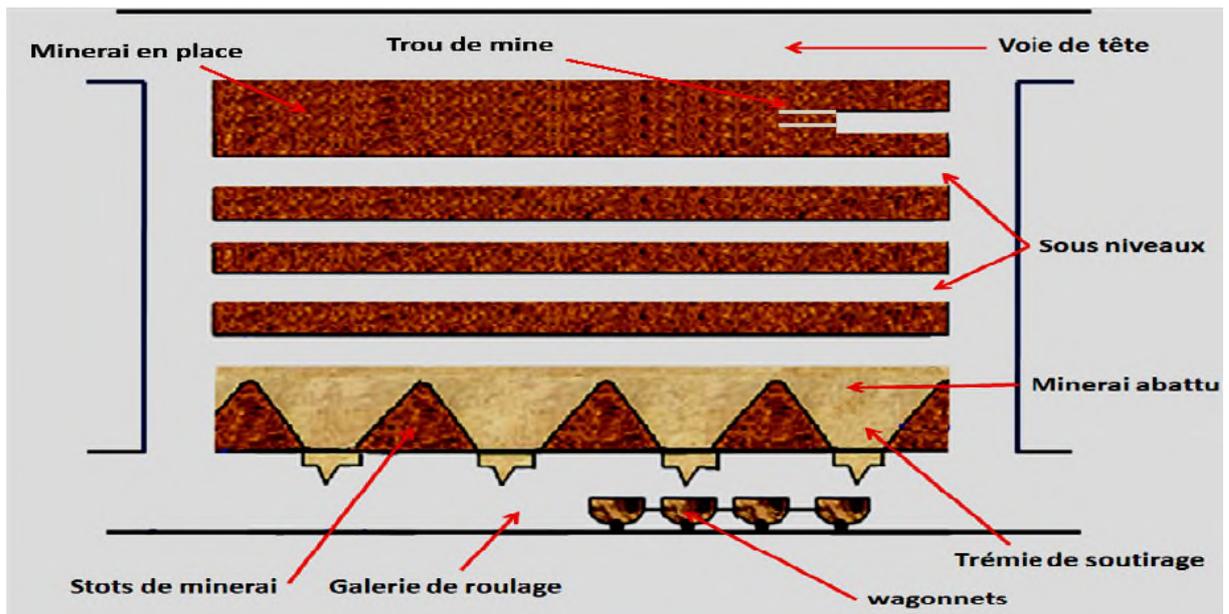


Fig. (III.05) : Coupe verticale de la méthode sous-niveaux abattus (chambre en préparation) [13]

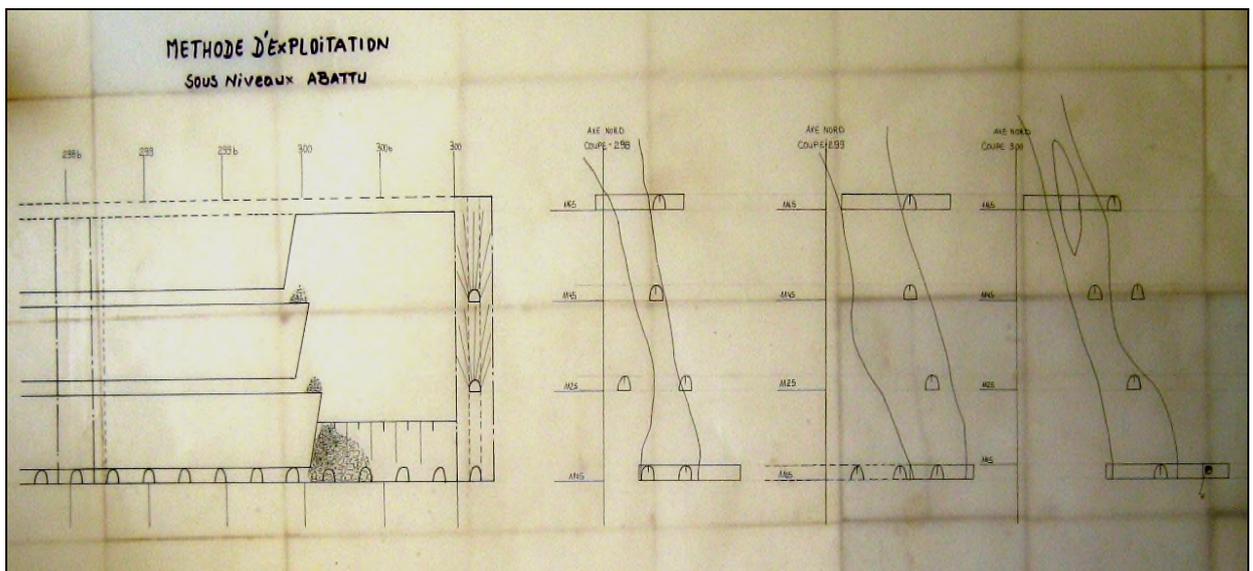


Fig. (III.06) : Travaux miniers dans la méthode d'exploitation par sous-niveaux abattus. [02]

➤ **Paramètres des ouvrages :** [02]

- Hauteur de l'étage (phase) : 60 m.
- Hauteur du sous-niveau : 20m;
- Longueur de la chambre de dépilage : 50m ;

- Largeur du pilier : 8m ;
- Hauteur de la coupure : 20m (par le sous-niveau) ;
- Largeur de la coupure : 3,2m ;
- Longueur de la coupure : 20m ;
- Pertes d'exploitation 10,66% ;
- Dilution d'exploitation 7%.

Les pertes de dilution dues principalement :

- Au contact entre le minerai et la roche encaissante ;
- L'inexactitude de conduite des travaux miniers ;
- A l'abandon des zones cause des difficultés d'extraction ;
- A l'abandon des zones pour éviter les dilutions exagérées ;
- A l'abandon des zones pauvres.

III.1.1.4.Travaux d'abattage

L'abattage du minerai s'effectue par application des schémas de disposition des trous en éventail, suivant des surfaces de dégagement.

La profondeur des longs trous dépasse les 5m, leurs diamètres est de 60mm.

On commence alors la foration des trous de mine dans les sous-niveaux, en suivant exactement le plan de tir, qui précise le nombre, la position, la direction et la profondeur des trous. Tous les trous du premier niveau sont forés avant de passer au niveau supérieur. Pendant la foration au niveau supérieur, les premiers trous de mines sont chargés et tirés selon un plan de tir conçu pour abattre un volume important de roche en une seule volée. Le minerai abattu tombe directement au fond de la chambre.

Actuellement, dans la mine de Boukhadra l'abattage s'effectue par des longs trous, qui sont forés à l'aide des chariots de foration qui prennent les caractéristiques mentionnées dans le tableau ci-dessous.

EXPLOITATION

Tab. (III.01) : Les caractéristiques des chariots de foration souterraine. [01]

Type	TD (%)	TU (%)	Rendement (m/h)	Etat	Diamètre
ATLAS-COPCO PROMEC T546	0	100	3.33	Mauvais	64
SECOMA 1FPD6	0	0	0	Mauvais	64
SANDVICK MERCURY LC22	79	8	18	Moyen	64

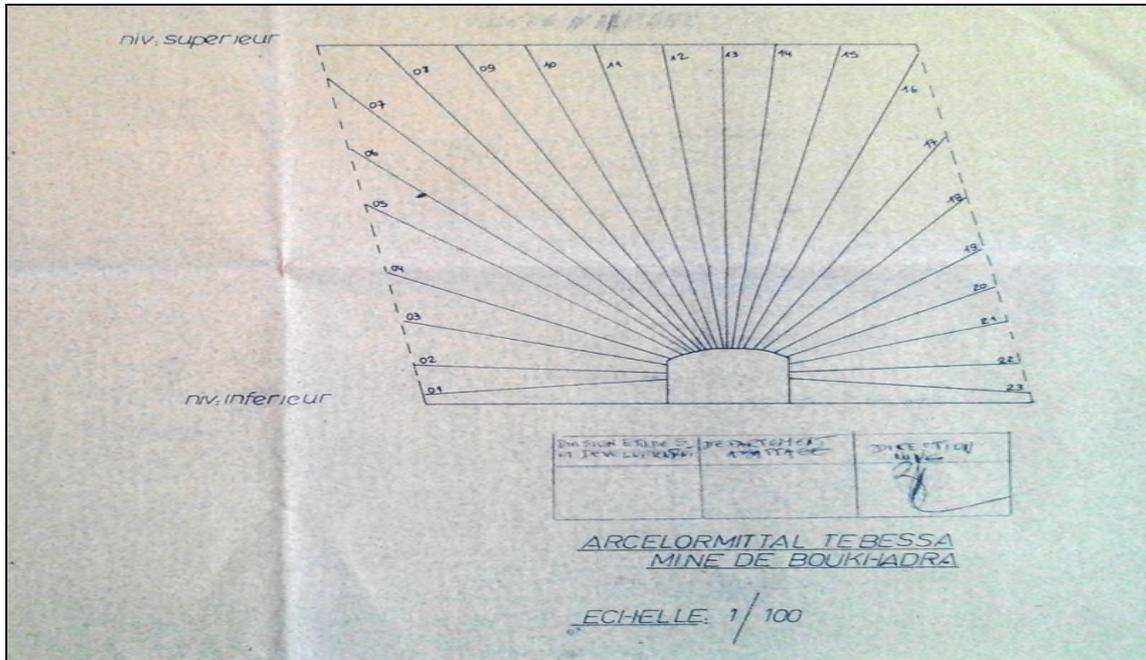


Fig. (III.07) : Schéma du plan de tir souterrain. [01]

EXPLOITATION

Tab. (III.02) : Caractéristiques des longs trous d'abattage. [01]

N° trous	L _{tr} (m)	α (°)	Q _{T/tr} (kg)	Tonnage(T)	W (m)	Φ (mm)
1	8	35.5	20	53.6	2	64
2	8.5	6	21.5	56.95	2	64
3	9.5	18	23.75	63.65	2	64
4	10.5	29	26.25	70.35	2	64
5	13.5	40	33.75	90.45	2	64
6	16	47	40	107.20	2	64
7	19.5	52	48.75	130.65	2	64
8	20	59	50	134	2	64
9	19	65	47.5	127.30	2	64
10	18	71	45	120.60	2	64
11	17.5	78	43.75	117.25	2	64
12	17	84	42.5	113.90	2	64
13	17	90	42.5	113.29	2	64
14	17	95	42.5	113.90	2	64
15	17.5	102	43.75	117.25	2	64
16	17.5	110	43.75	117.25	2	64
17	13.5	119	33.75	90.45	2	64
18	11	128	27.5	73.70	2	64
19	9	139	22.5	60.30	2	64
20	8	150	20	53.6	2	64
21	75	161	18.75	50.25	2	64
22	75	175	18.75	50.25	2	64
23	8	184	20	53.60	2	64
Total	310.5	-	776.25	2080.35	-	-

L_{tr} : longueur de trou en (m) ;

α : inclinaison de trou en (°) ;

Q_{T/tr} : quantité de charge par trou en (kg) ;

Tonnage en (T) ;

W : la ligne de moindre résistance en (m) ;

Φ : diamètre de trou en (mm).

Le minerai fragmenté occupant un espace supérieur à son volume en place, il est nécessaire avant de forer les nouveaux trous, de pratiquer une rouillure de quelques mètres de largeur pour permettre de créer un espace suffisant pour les mineurs.

L'abattage par sous-niveaux est une méthode d'exploitation productive, en grande partie parce que la foration des longs trous de mine peut être entièrement mécanisée et que l'appareil de foration peut travailler sans interruption. La méthode est aussi relativement sûre, du fait que la foration se fait en galeries, et l'évacuation des matériaux à partir de points de soutirage. Les travailleurs ne sont donc pas exposés aux chutes des blocs. [13]

➤ **Avantages et inconvénients de type d'abattage par trous profond**

Les avantages d'un plan de tir par application d'un schéma à longs trous sont les suivants :

- Répartition uniforme des charges explosives dans le massif rocheux ;
- Réduction de la consommation spécifique des trous ;
- Augmentation du taux d'utilisation de la totalité des trous forés.

Parallèlement à ces avantages, les trous profond (ou les longs trous) possèdent les inconvénients suivants :

- Augmentation du volume des travaux de creusement, qui est relatif aux excavations de traçage et suivant lesquelles s'effectue le forage des trous ;
- A partir de chaque position de la machine de forage, on ne peut forer qu'un seul trou ;
- Difficultés de contrôler l'abattage suivant le contour du gisement. [14]

III.1.1.5. Travaux de chargement et de transport

Après l'abattage du minerai, l'évacuation de ce dernier se fait en deux étapes :

La première étape consiste à déverser le minerai vers la cheminée principale, qui assure la liaison entre les niveaux supérieurs et les niveaux inférieurs.

La deuxième étape consiste à charger le minerai stocké à la base de la cheminée principale par une chargeuse souterraine, et le transporter par un camion souterrain jusqu'à la zone de

stockage située au niveau 1105m à ciel ouvert. Après il sera transporté à l'aide des camions jusqu'à la zone de préparation mécanique. [15]

La mine souterraine de Boukhadra dispose 04 chargeuses souterraines et 02 camions pour le transport souterrain (Voir Tab.III.03, 04).

Tab. (III.03): Les caractéristiques des chargeuses souterraines. [01]

Type	TD (%)	TU (%)	Rendement (m/h)	Etat
TAMROC CTX 6B	0	0	0	En panne
TAMROC CTX 6B	50	19	28,29	Mauvais
ATLAS-COPCO ST1020	47	30	52,63	Moyen
ATLAS-COPCO ST1030	56	31	52	Moyen

Tab. (III.04): Les caractéristiques des camions de transport souterrain. [01]

Type	TD (%)	TU (%)	Rendement (t/h)	Etat
ATLAS-COPCO MT2000	95	25	28,85	Moyen
ATLAS-COPCO MT2000	94	25	29	Moyen

III.1.1.6. Les avantages et les inconvénients de la méthode par sous niveau abattus

La méthode de sous-niveaux abattus est la méthode idéale pour l'exploitation des gisements dressants comme le cas de Boukhadra, mais comme chaque méthode elle a des avantages et des inconvénients :

a. Les avantages de la méthode

- L'airage du l'étage est assuré sans difficulté ;
- L'absence du soutènement d'espèces vides ce qui diminue les dépenses totales de production ;
- Bonne circulation des engins ;
- Rendement optimal de la chargeuse;
- Meilleure sécurité pour les ouvriers ;
- Soutirage facile du minerai abattu, grâce à des cheminées pré creusées dans les sous-niveaux ;

- Rendement considérable et un prix de revient bas.

b. Inconvénients de la méthode

- Grand volume de travaux préparatoires, d'où le coût élevé de la récupération de ces dépenses augmente le prix de revient de la tonne de minerai extrait ;
- Difficulté de récupérer le tas abandonné dans la chambre vide par mesure de sécurité ;
- Pertes considérables du minerai à cause des piliers laissés ;
- Moins de sécurité ;
- La difficulté de l'abattage sélectif et l'impossibilité de l'abandon dans la chambre des intercalations rocheuses ou du minerai à teneur trop faible. [15]

III.1.1.7. Régime du travail en souterrain

- Nombre de jours ouvrables de travail par an =250 ;
- Nombre de jours ouvrables de travail par semaine = 5 jours ;
- Nombre de poste de travail par jour = 2 postes de travail ;
- Nombre d'heures par poste = 6h30/poste. [01]

III.1.2. L'exploitation à ciel ouvert de la mine de Boukhadra

➤ Introduction

Après avoir élaborer le projet d'exploitation sur la base des études géologiques et des levés topographiques et après avoir définir la profondeur finale d'exploitation du gisement et les contours supérieurs et inférieurs du champ de la mine à ciel ouvert, on passe à la réalisation des travaux qui consistent en premier temps à la construction de la mine à ciel ouvert.

III.1.2.1. Déroulement des travaux d'exploitation à ciel ouvert

L'exploitation à ciel ouvert de la mine de Boukhadra s'effectue suivant l'axe principal, dans le quartier principal et dans le quartier BKII et aussi dans le quartier Ain-Zazia, et comme on a cité précédemment, le quartier principal est la seule source du minerai actuelle, le quartier BKII est épuisé et le quartier Ain-Zazia est à l'arrêt à cause de sa faible teneur en minerai.

L'exploitation à ciel ouvert du quartier principal s'effectue entre les niveaux 1105m et 818m.



Fig. (III.08): La mine principale de Boukhadra (18/04/2015)

III.1.2.2. Travaux d'ouverture

L'ouverture du gisement à ciel ouvert consiste à construire des ouvrages permettant de l'accéder et l'exploiter.

Cette étape comprend deux phases principales :

- La réalisation des tranchées (piste) d'accès.
- La réalisation des tranchées de découpages.

Une tranchée est une excavation à ciel ouvert de grande longueur, de section habituellement trapézoïdale, que l'on mène dans le but de la mise à jour du gisement ainsi que pour faciliter l'accès aux engins de transport.

L'évolution des tranchées de découpage dans le temps et dans l'espace donne naissance aux gradins.

La réalisation de ces tranchées se fait à l'explosif dans le cas des roches dures et très dures ou à l'aide d'excavateurs directement pour les roches de faible dureté.

La disposition des différentes tranchées pour chaque niveau doit être soigneusement étudiée car son impact est considérable sur les indices technico-économiques. [16]

➤ **Choix de mode d'ouverture à ciel ouvert**

Lors de l'exploitation des gisements à ciel ouvert le mode d'ouverture dépend de certains facteurs qui sont :

a. Conditions techniques

- Les facteurs géologiques (le relief du terrain, la forme, la dimension, la puissance, la profondeur et le pendage du gisement).
- Les facteurs organisationnels (la productivité et la durée de vie de la mine à ciel ouvert, durée de service des équipements adoptés, et la sécurité de travail des moyens de mécanisation).

b. Conditions économiques

Les facteurs économiques (le rendement et les dépenses consenties pour la construction de la mine). [17]

Vue les conditions naturelles du gisement de Boukhadra qu'on a cité précédemment, l'ouverture du chantier d'exploitation aval, est réalisée par des tranchées communes intérieures multiples pour avoir accès à la plate-forme 842 m, cependant l'ouverture du chantier d'exploitation amont, est réalisée par des demi-tranchées d'accès.

Le creusement de ces tranchées s'effectue à l'explosif et qui dépend de la dureté des roches. Suivant le relief on doit assurer l'ouverture de la mine à ciel ouvert par les trous verticaux et inclinés à l'aide de chariot de foration.

Après le tir et l'élargissement des plateformes de travail (35 m à 50 m de largeur) dans la mine à ciel ouvert, des engins de terrassement tels les bulldozers et les niveleuses, dégagent les déblais et aplatissent les pistes et les plateformes.

Le terrassement des roches après le tir dans la mine de Boukhadra s'effectue au moyen des cinq bulls disponible à Boukhadra ayant les caractéristiques suivantes :

Tab. (III.05): Les caractéristiques des engins de terrassement. [01]

Type	TD (%)	TU (%)	Etat
CATERPILLAR 824C	55	25	Mauvais
KOMATSU D355A3	46	8	Moyen
KOMATSU D355A3	13	19	Moyen
KOMATSU D155A2	61	26	Moyen
CATERPILLAR D9T	79	22	Moyen

III.1.2.3.Travaux d'abattage

Cette opération consiste à l'établissement d'un plan de tir, après la réalisation de ce dernier, la foration des trous de mine verticaux se fait à l'aide d'une sondeuse à forage rotatif à molettes de type INGERSOLL-RAND qui prend les caractéristiques cités au tableau ci-dessous.

Tab. (III.06): Les caractéristiques de la sondeuse. [01]

Type	TD (%)	TU (%)	Rendement (T/H)	Etat	Diamètre
INGERSOLL- RAND T4BH	75	21	17	Mauvais	160

Le diamètre des trous forés est de 160 mm, pour le tir primaire.

Après le chargement des trous par les explosifs (Marmanit et Anfomil), le bourrage se fait par les débris de foration.

La quantité d'explosifs d'un trou dépend des fissures existées, et de degré de la fragmentation demandée.

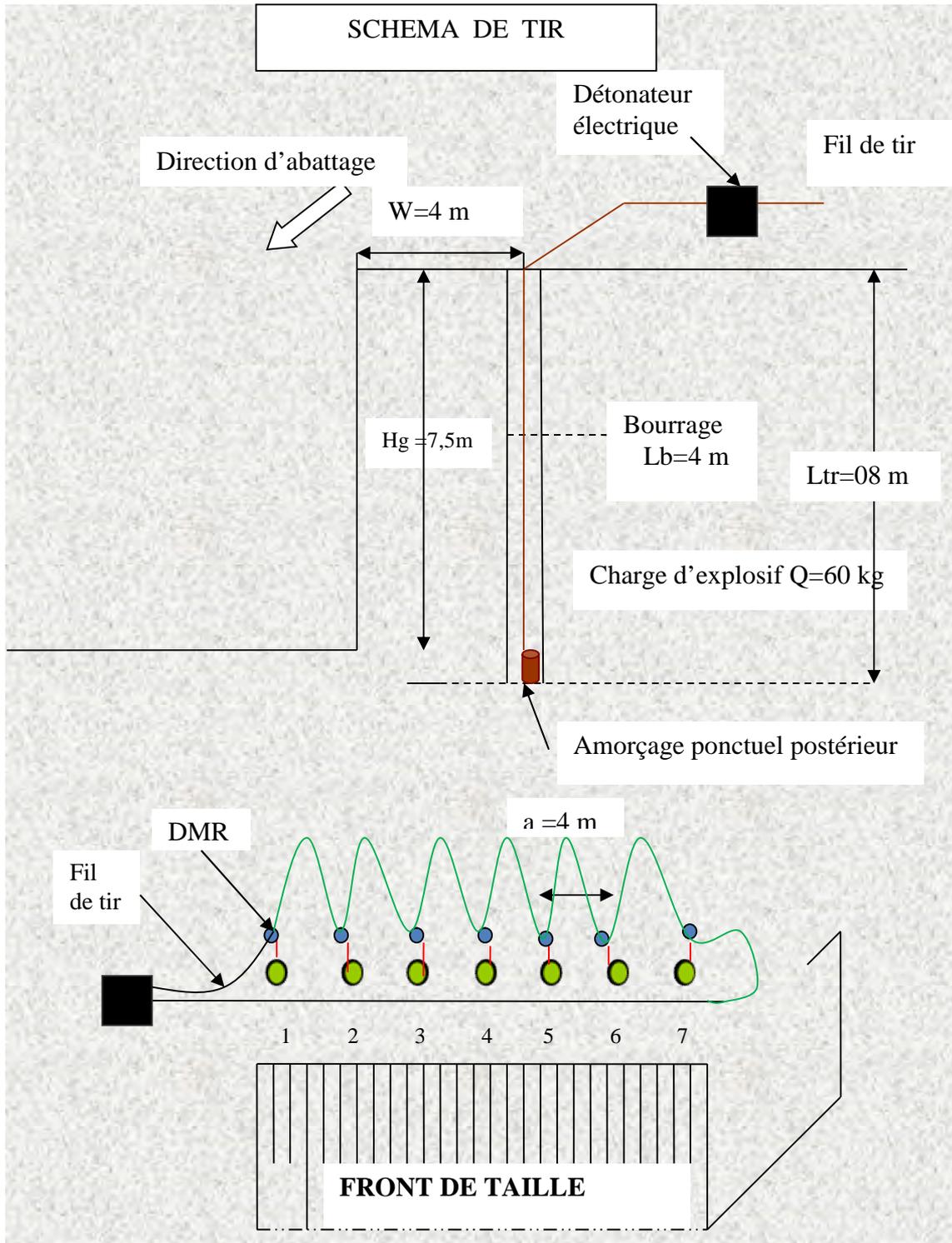


Fig. (III.09) : Schéma de plan tir du quartier principal [01]

Tab. (III.07): Principaux paramètres du plan de tir. [01]

Caractéristiques	Valeurs	Unités
Hauteur du gradin: Hg	7,5	M
Angle du talus du gradin	85 à 90	°
Diamètre du trou de mine	165	Mm
Longueur du trou de mine : L _{tr}	8	M
Longueur de bourrage: L _b	4	M
Berme de sécurité : c	2 à 3	M
Distance entre les trous: a	4	M
Ligne de moindre résistance: w	4	M
Charge par trou	60	Kg
Quantité globale des explosifs	725	Kg

Remarque :

La mise à feu utilisée dans la mine principale de Boukhadra est électrique.

Après le tir, les hors gabarits vont exécuter un tir secondaire

Les explosifs utilisés pour le tir sont le Marmanite et l'Anfomil.

Le marmanite est un explosif qui est efficace et qui prend les caractéristiques suivantes :

- Sensibilisé au moyen d'un explosif brisant ;
- Couleur grise ;
- Aspect pulvérulent ;
- Considéré comme un explosif de sûreté ;
- Sensible à l'eau ;
- Efficace dans les roches sèches de moyenne dureté ;

- Utilisé dans les régions sèches. Il est adapté aux terrains à roches tendres ou de dureté moyenne.

L'Anfomil est ainsi un explosif caractérisé par :

- Couleur blanc rose ;
- Aspect pulvérulent ;
- Peu sensible aux actions mécaniques ;
- Considéré comme explosif de sûreté ;
- Très facile à manipuler ;
- Mauvaise résistance à l'eau ;
- Sa vitesse de détonation diminue avec la diminution du diamètre des trous ;
- Cet explosif est particulièrement recommandé en milieu sec pour des terrains à roches tendres et des travaux à ciel ouvert. [18]

III.1.2.4.Travaux de chargement et de transport

Le chargement est opéré à l'aide d'une pelle mécanique et deux chargeuses sur pneus de caractéristiques cités au tableau ci-dessous.

Tab. (III.08): Les caractéristiques des engins de chargement à ciel ouvert. [01]

Type	TD%	TU%	Rend(T/h)	Capacité (m3)	Etat
CATERPILLAR 988B	0	0	0	5.3	Mauvais
CATERPILLAR 988F	63	56	249	5.3	Mauvais
Pelle sur chenille KOMATSU PC1250-7	31	32	318	6.7	Mauvais

Le type de transport utilisé dans les conditions de la mine de Boukhadra est le type de transport discontinu, il est assuré à l'aide des camions de carrière vers le terril extérieur au périmètre d'exploitation sur une distance d'un (01) Km et vers le concasseur pour le minerai de fer sur une distance de quatre (04) Km.

La mine de Boukhadra possède 03 camions de capacité 60T, et qui prennent les caractéristiques cités au tableau ci-dessous.

Tab. (III.09): Les caractéristiques des camions de transport à ciel ouvert. [01]

Type	TD%	TU%	Rend(T/h)	Capacité(T)	Etat
CATERPILLAR 773D	85	48	124	60	Moyen
CATERPILLAR 775FC	48	55	147	60	Moyen
CATERPILLAR 775FC	45	39	168	60	Moyen

III.1.2.5. Régime de travail à ciel ouvert

Nombre de jours ouvrables de travail par an = 250 jours

Nombre de jours ouvrables de travail par semaine = 5 jours pour la mine à ciel ouvert ;

Nombre de poste de travail par jour = 2 postes de travail ;

Nombre d'heures par poste = 7h30/poste pour la mine à ciel ouvert. [01]

III.1.3. Destination du minerai de Boukhadra

Le minerai de fer extrait de la mine de Boukhadra est envoyé vers l'usine de métallurgie à El-Hadjar, pour l'enrichissement et la valorisation.

III.2. L'exploitation de la mine de Rouina

➤ Introduction

L'exploitation de la mine de Rouina se fait par les deux modes d'exploitation à savoir ; l'exploitation par mode souterrain et à ciel ouvert, cette mine inclut 03 zones principales :

- Zone de Merimet ;
- Zone de Ravin Sud ;
- Zone filonienne.

III.2.1. L'exploitation souterraine

Elle concerne les deux zones, la zone du Ravin Sud et la zone filonienne, pendant la période 1912-1958.

Pour la zone du Ravin Sud : Les minerais ont été exploités en souterrain jusqu'au niveau 215m, une partie des travaux souterrains a été menée aux niveaux +208 et 196m. Aussi une cheminée a été creusée pour monter le minerai vers la surface.

Actuellement la mine de la zone du Ravin Sud est remblayée jusqu'aux niveaux (236-238) m.

Pour la zone filonienne : Les filons de la région Filonienne ont été exploités durant la période coloniale qui se trouvant entre le niveau (+330m) et le niveau (+270m). Jusqu'à présent les traces de certains ouvrages miniers sont existées jusqu'à une profondeur de 20 mètres.

Après la période coloniale, la mine de Rouina n'a vu aucune exploitation souterraine, à cause de manque des schémas et des plans d'exploitation réalisés durant cette période, qui sont nécessaires pour commencer une nouvelle exploitation souterraine.

III.2.2.L'exploitation à ciel ouvert

Elle concerne toutes les zones de la mine de Rouina (sauf la zone Merimet) avant et après l'indépendance, car c'est la solution idéale pour un coefficient de découverte de 02.

Actuellement seule la zone de Ravin Sud qui est en phase d'exploitation à ciel ouvert, et qui est devisée en deux zones, La Butte (Sud-Est) pour l'extraction du minerai, et le coté Sud-Ouest pour les travaux de découverte.

L'exploitation de la zone Merimet est arrêtée à cause des grandes revenues d'eau qui nécessite des grands travaux de pompage. Et pour la zone filonienne, l'exploitation n'est pas encore entamée vu l'absence des travaux de recherche et de prospection. [06]

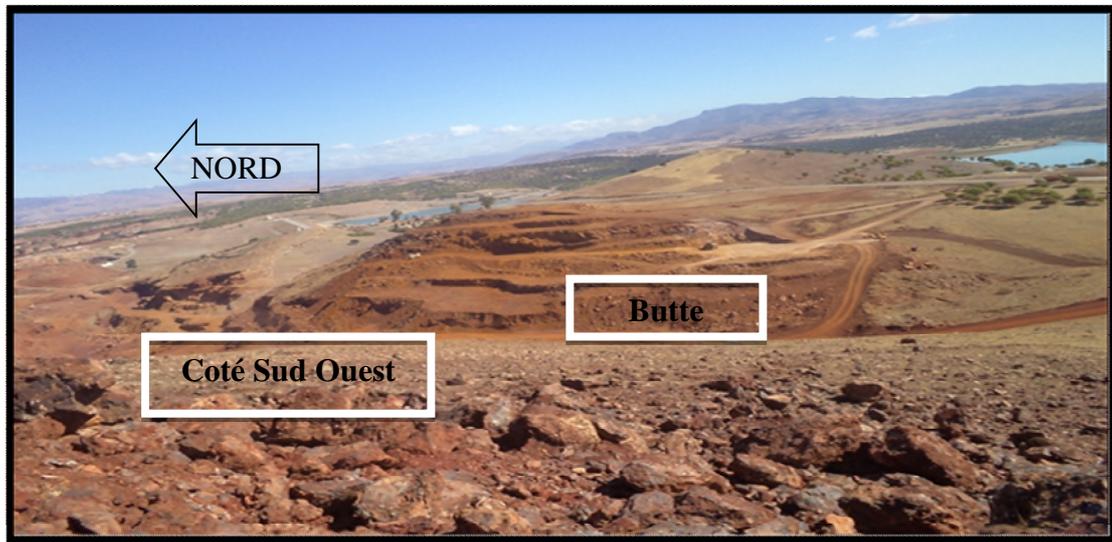


Fig. (III.10): La zone de Ravin Sud en exploitation à ciel ouvert. (18/03/2015)

III.2.2.1.Méthode d'exploitation

Compte tenu des conditions géologiques du gisement et l'état actuel des travaux, ainsi que les moyens disponibles, l'exploitation à ciel ouvert s'effectue par gradin à flanc de couteau à deux bords exploitables allant de haut vers le bas avec un sens d'avancement vers le Sud et vers le Sud Est.

Le minerai de fer extrait de la partie Sud- Est de la zone appelée communément la Butte qui se trouve au Sud-Est de la zone du Ravin Sud.

La découverte concerne la partie Nord-Ouest de la zone du Ravin Sud.

III.2.2.2.Déroulement des travaux d'exploitation à ciel ouvert

Compte tenu des conditions géologiques du gisement et l'état actuel des travaux, et afin d'atteindre les objectifs planifiés qui sont arrêtés à 120 000 T de minerai pour l'année en cours, on procède au développement de la mine actuelle (Coté Sud Ouest + la butte) avec un sens d'avancement vers l'Ouest et vers le Sud et Sud-Est, et un défonçage jusqu'au niveau 220 m selon les étapes d'exploitation suivantes :

a. Première étape : Cette étape consiste au développement des niveaux supérieures (280m, 270m et 260m) vers le Sud-Ouest, afin d'élargir le niveau 250m en parallèle, dans le côté Sud- Ouest.

b. Deuxième étape : Cette étape comprend aussi l'exploitation des niveaux (260m, 250m) et l'élargissement des niveaux 250m et 240m vers le Sud et vers le Sud-Ouest, dans le côté Sud-Ouest.

c. Troisième étape : Cette étape comprend encore l'achèvement des travaux de développement aux niveaux 250m ,240m et l'ouverture des niveaux 230m, 220m vers le Sud et vers le Sud-Ouest et ceci dans la zone de Ravin Sud, Coté Sud Ouest.

d. Quatrième étape : Cette étape concerne l'exploitation de minerai de fer dans la Butte aux niveaux 315/310m, 310/300m, 300/290m et 290/280m, avec une sens d'avancement allant vers le Sud-Est, afin de poursuivre les travaux de découverte dans le coté Sud-Ouest.

[06]



Fig. (III.11): Les sens de développement de l'exploitation. (18/03/2015)

III.2.2.3. Travaux d'ouverture

L'accès aux niveaux supérieurs 310m, 300m, 290m et 280m de la Butte est assuré par des tranchées extérieures à partir d'une seule piste isolée existante.

L'accès aux niveaux inférieurs à savoir 220m, 230m, 240m, 250m et 260m est assuré par des demi-tranchées creusées avec une longueur de 120 m et une pente moyenne de 8 % et une largeur de 6 m.

III.2.2.4.Paramètres d'exploitation dans la zone de Ravin Sud

a. Côté Sud- Ouest :

- Nature de la roche encaissante : calcaire
- Dureté : moyenne (3-7)

Paramètres d'exploitation

- ✓ Angle du talus : 65°
- ✓ Angle du bord final : 48°
- ✓ La largeur de la plate forme 20 m
- ✓ La largeur de la berme de sécurité : 5 m
- ✓ Hauteur du gradin : 10m
- ✓ Profondeur finale : (280-240) : 40m

b. Côté Sud- Est (la Butte):

- Nature de la roche encaissante : Roche argileuse et schistes
- Dureté : tendre (1-2)

Paramètres d'exploitation

- ✓ Angle du talus : 45°
- ✓ Angle du bord final varie de 34° à 38°
- ✓ La largeur de la plate forme de travail est de 20 m
- ✓ Hauteur du gradin : 10m
- ✓ Profondeur finale : (315-280) : 35m. [06]

III.2.2.5.Travaux d'abattage

Compte tenu des conditions géologiques et minières du gisement de fer de Rouina et les exigences d'utilisation des explosifs (1000 kg par Tir), les travaux d'abattage s'effectuent par deux méthodes :

- **Abattage à l'explosif** : qui est assuré par des travaux de forage et de tir en utilisant un chariot de foration de 76 mm de diamètre ;
- **Abattage mécanique** : en utilisant la brise roche.

➤ Pour le coté Sud Ouest, on utilise juste l'abattage à l'explosifs ; mais pour la Butte, on utilise les deux modes d'abattage : l'abattage mécanique pour les niveaux supérieurs, et l'abattage à l'explosifs pour les niveaux inférieurs. [06]

a. Travaux de foration

Les travaux de foration des trous d'abattage s'effectuent à l'aide d'un chariot de foration de type ATLAS COPCO C M 470 d'un diamètre de foration de 76m, et qui prend les caractéristiques cités au tableau ci-dessous.

Tab. (III.10) : Les caractéristiques de chariot de foration. [06]

Type	ATLAS-COPCO
Taux de disponibilité TD%	75
Taux d'utilisation TU%	90
Rendement M/H	15
Etat	Moyen

Tab. (III.11): Les paramètres de la foration. [06]

Désignation	Unité	Minerai	Stérile
Production annuelle planifiée (Pa)	m ³	44444	96000
	T	120000	240000
Rendement horaire du chariot (Rmh)	m/h	15	15
Durée effective d'un poste (h/p)	h/p	6	6
Nombre de postes par jour (Np/j)	p/j	1	1
Nombre de jours par an (Nj/a)	j/an	255	255
Rendement métrique du chariot (Rt)	m ³ /m	5	5
Rendement métrique du chariot de foration	m/an	22950	22950
Rendement du chariot de foration	m ³ /an	114750	114750

Commentaire : La mine de Rouina possède un seul chariot de foration.

B. Travaux de tir

Suite à l'étude sismique faite par le Centre National de Recherche appliquée en Génie parasismique (C.G.S) dans la mine de fer de Rouina en 2012, dans le cadre de limiter l'effet des vibrations sur les constructions avoisinantes de la mine, la quantité des explosifs autorisée est de 500 kg par tir divisée en deux volés. [06]

Les paramètres du tir sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tab. (III.12): Les paramètres de tir. [06]

Paramètres	Unités	Minerai	Stérile
Production annuelle	T	120000	240000
	m ³	44444	96000
Hauteur du gradin Hg	M	10	10
Diamètre de forage D	Mm	76	76
Inclinaison du trou	°	15	15
Ligne de moindre résistance W	M	2	2
Distance entre les trous a	M	2.5	2.5
Longueur du trou incliné L _{tr}	M	11	11
Volume abattu par trou V _{ab/t}	m ³	50	50
Longueur de bourrage	M	1.4	1.4
Quantité d'explosif par trou Q _{tr}	Kg	20	20
Consommation spécifique d'explosif C _{sp}	Kg/m ³	0.40	0.40
Quantité d'explosif utilisé par an	Kg/an	17778	38400
Quantité d'explosif autorisée par tir	Kg	500	500
Nombre de tirs par an	tir /an	36	77
Nombre de tirs par mois	tir /mois	3	7
Quantité d'explosif autorisée par volet	Kg	250	250

Commentaire :

La mise à feu est assurée par un tir électrique.

L'explosif utilisé est la Marmanite en cartouches de diamètre de 50 mm, qui est un explosif à base de nitrate d'ammonium et qui possède les caractéristiques suivantes :

- Sensibilisé au moyen d'un explosif brisant ;
- Couleur grise ;
- Aspect pulvérulent ;

- Considéré comme un explosif de sûreté ;
- Sensible à l'eau.
- Efficace dans les roches sèches de moyenne dureté
- Utilisé dans les régions sèches. Il est adapté aux terrains à roches tendres ou de dureté moyenne. [18]

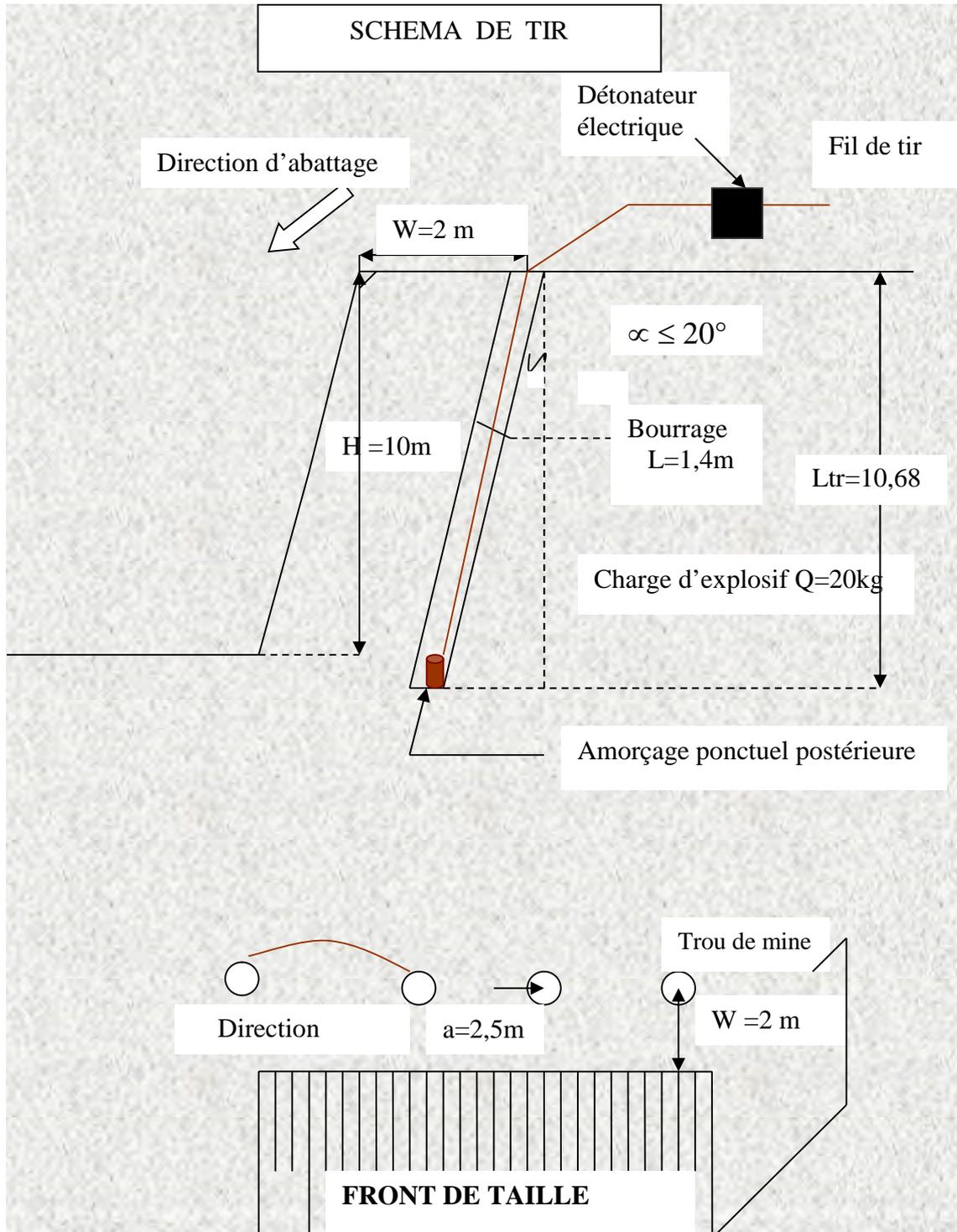


Fig. (III.12): Schéma de plan de tir de la mine de Rouina à ciel ouvert. [04]

III.2.2.6. Travaux de chargement

Vu les travaux de développement prévues, le chargement de la masse abattue s'effectue à l'aide des trois chargeuses sur pneus ; deux chargeuses parmi ces trois ont une capacité de godet de **4 m³**, qui sont destinées au chargement de minerai, et de produit marchand. La troisième chargeuse possède une capacité de godet de **8 m³**, et elle est destinée au chargement de stérile. Leurs caractéristiques se résument dans le tableau ci-dessous. [06]

Tab. (III.13) : Les caractéristiques des chargeuses. [06]

Type	TD%	T utilisé%	Rendement(t/h)	OBS	Etat
Chargeuse LIEBHEER L564	80	85	110	Chargement produit marchand	Moyen
Chargeuse LIEBHEER L566	80	85	110	Chargement minerai de fer	
Chargeuse CATERPILLAR H966	80	85	220	Chargement stérile	

Tab. (III.14): Les paramètres de chargement [06]

Production annuelle (t)	140 000	280 000
Production annuelle en (m ³)	44 444	96 000
Capacité (volume) du godet Cg (m ³)	4	8
Durée d'un poste Tp (h)	7.5	7.5
Coefficient de remplissage du godet R	0.8	0.8
Coefficient d'utilisation du temps Kt	0.8	0.8
Nombre de postes par jour Np/j	1	1
Nombre de jours /an	255	255
Densité des matériaux t/m ³	2.7	2.5
Coefficient de foisonnement Kf	1.6	1.6
Durée d'un cycle Tc (sec)	50	50
Rendement de la chargeuse. Rch (t/an)	210 375	420 750

III.2.2.7.Travaux de Transport

Les travaux de transport dans la mine de Rouina s’effectuent en mode de transport discontinu à l’aide des camions de 14 m³ (20T) de front de taille jusqu’au lieu de stockage pour le minerai, et la mise à terril pour le stérile, à une distance moyenne de :

- **Minerai** : Vers le concasseur : 800 m.
- **Stérile** : Vers la décharge Nord environ 1200 m.

La mine de Rouina possède 06 camions, dont 02 camions pour le transport de minerai, et quatre pour le stérile. Leurs caractéristiques et paramètres se regroupent dans les tableaux ci-dessous. [06]

Tab. (III.15): Les caractéristiques des camions de transport. [06]

Type	TD%	T utilisé%	Rendement (t/h)	OBS	Etat
Camion NISSAN 419	85	85	52	Transport du minerai de fer	Moyen
Camion NISSAN 420	85	85	52		
Camion IVECO 109	80	85	55	Transport du Stérile	
Camion IVECO 110	80	85	55		
Camion IVECO 328	90	85	55		
Camion IVECO 329	90	85	55		

Tab. (III.16) : Les paramètres du transport. [06]

Désignation	Unité	Minerai	Stérile
Production annuelle	T/an	120 000	240000
Nombre de poste par an	P/an	255	255
Distance de transport	M	1000	600
Charge utile de camion	M ³	14	14
Temps d'un cycle	Mn	25	15
Tc = tpar + t1 + t2 + t3			
Ncp: Nombre de cycle possible par poste	Cy/p	14	24
Rendement théorique par poste	T/p	529	907
Coefficient de remplissage	%	80	80
Coefficient de foisonnement		1.5	1.5
Taux de disponibilité	%	85	85
Rendement possible par poste		240	411

III.2.2.8.Organisation de travail

a. Régime de travail:

- Nombre de jours ouvrables par an : 255 jours
- Nombre de jours ouvrables par semaine : 05 jours
- Nombre de postes par jour : 01 poste
- Durée d'un poste de travail : 7.5 heures
- Coefficient d'utilisation du temps : 0,8

b. Capacité de production :

La production annuelle est planifiée sur la base du plan de développement de la mine à **120000 Tonnes** de Fer avec un volume de stérile de **240 000T**, soit un taux de découverte de **2 t/t**.

La répartition de la production est présentée dans le tableau suivant :

Tab. (III.17) : La répartition de la production. [06]

Désignation	Unité	Minerai	Stérile
Annuelle	T/an	120 000	240000
Journalière	T/j	471	941

c. Destination du minerai

Le minerai de fer de Rouina qui est présenté en majorité par l'Hématite (Fe_2O_3), et après son concassage est destiné aux cimenteries, pour qu'il soit utilisé comme ajout pour la fabrication de ciment et ça est à cause de sa faible teneur en minéral Fe. [04]

➤ **Conclusion**

Dans ce chapitre on a présenté :

- Les méthodes d'exploitation dans chaque mine ;
- Les modes d'ouverture ;
- Les phases d'exploitation et leurs paramètres.

IV.1.Comparaison géologique

➤ Introduction

Dans ce chapitre, on essaye de donner une brève comparaison entre la mine de Boukhadra et l'autre de Rouina basant sur la géologie de chaque gisement, et les paramètres de l'exploitation dans chaque mine.

IV.1.1.Lithostratigraphie

Le tableau ci-dessous cite les strates existées dans chaque gisement, suivant leur âge du plus récent jusqu'à plus ancien.

Tab. (IV.01): La Lithostratigraphie des deux gisements :

Comparaison stratigraphique			mine de Boukhadra	mine de Rouina
Eres	Période	Devision	formation	formation
Cénozoïque	Quaternaire	Quaternaire	<ul style="list-style-type: none"> • caillouteux; • blocs de calcaires; • grés; • débris de minerai ; • conglomérats. 	
		Miocène	<ul style="list-style-type: none"> • conglomérats ; • intercalations de roches gréseuses. 	
Mésozoïque	Crétacé	Le Coniacien	<ul style="list-style-type: none"> • marnes argileuses ; • intercalation d'argile marneuse ; • calcaire marneux. 	• marnes grises vertes (Crétacé supérieur).
		Turonien	<ul style="list-style-type: none"> • calcaires épais ; • massif pélitique marneux ; • intercalations minces des marnes. 	
		Cénomaniens	<ul style="list-style-type: none"> • marne ; • intercalation de calcaire. 	
		Vraconien	<ul style="list-style-type: none"> • Marne ; • argile marneuse ; • calcaire marno-argileux. 	
		Albien	<ul style="list-style-type: none"> • marne ; • calcaire. 	
	Aptien	<ul style="list-style-type: none"> • Calcaire ; • Terrigène (marno-grésocalcaire) ; • Diapir ; • Grés ; • Minéralisation de gîte Sud ; • minéralisation principale. 		
Jurassique	Malm		<ul style="list-style-type: none"> • Calcaire ; • marno-calcaire. 	

COMPARAISON : GEOLOGIE ET EXPLOITATION

		Dogger			<ul style="list-style-type: none"> • Calcaire ; • gris bleuté riche en rognons de silex.
		Lias	Lias moyen		<ul style="list-style-type: none"> • calcaires rougeâtres ; • grains de quartz diagénétique ; • des fractures remplies d'oxydes et hydroxydes de fer.
			Lias inférieur		<ul style="list-style-type: none"> • gris claires ; • schistes ; • conglomérat ; • calcaire grisâtre.
	Trias			<ul style="list-style-type: none"> • marnes bariolées ; • gypses ; • dolomies ; • débris de calcaires et de grés. 	
Paléozoïque					<ul style="list-style-type: none"> • Série schisto-gréseuse et conglomératique ; • Schiste ; • Quartzite ; • Minéralisation ferrugineuse.

➤ Commentaires

a. Les principales formations géologiques dans le massif de Boukhadra sont représentées par :

- Les évaporites du Trias ;
- Les séries sédimentaires du Crétacé moyen et supérieur ;
- Les formations du Miocène.

On remarque l'absence des terrains du Jurassique et du Paléogène avec la présence de la minéralisation de fer au niveau du Crétacé (Aptien moyen et inférieur) et dans le Quaternaire. C'est-à-dire la première apparition du minerai c'était avant 144 millions d'années (Crétacé inférieur).

b. Concernant le massif de Rouina, il est représenté essentiellement par :

- La série schisto-gréseuse et conglomératique du Paléozoïque;
- Les bancs carbonatés (calcaire et schiste) du Jurassique qui présente la majorité des affleurements au Rouina;
- L'affleurement de marnes du Crétacé inférieur;
- Le conglomérat de base qui marque le contact entre le socle et la couverture.

On observe aussi l'absence des terrains Triasique et Tertiaire et aussi les terrains du Quaternaire. Ainsi la minéralisation ferrifère de Rouina apparait dans les périodes Triasique et Jurassique (Lias moyen). C'est-à-dire qu'elle s'est formée avant au moins 245 millions d'années.

IV.1.2. Caractéristiques géologiques

Aussi, chaque gisement est caractérisé par ses caractéristiques géologique, qui sont résumés dans le tableau ci-dessous ;

Tab.(IV.02) :Caractéristiques géologiques des deux gisements.

Caractéristiques géologiques du gisement	mine de Boukhadra	mine de Rouina
Domaine géologique	atlas saharien	atlas tellien
Emplacement	à relief montagneux (à flanc de coteau)	à relief montagneux (à flanc de coteau)
Morphologie	de type amas et filons, ventriculaire	de type amas et filons:
Pendage de gisement	dressant (55 à 65°)	Semi-dressant (25 à 50°) NW.
Genèse	Amas dans des roches carbonatées, dits de substitution. .	Hydrothermale
Age de formation	Crétacé (Aptien moyen et inferieur).	Permo-triasique; Jurassique (Lias moyen).
Puissance	10 à 50m pour (filon et amas)	3 à 4 pour les filons et 30 m pour la forme amas
Profondeur	480m.	75m
Longueur	de 900 à 2200m	600m

➤ Commentaires

Les deux gisements sont identiques à plusieurs paramètres mais il y a aussi des différences qui sont :

- a. **Le domaine géologique :** le gisement de Boukhadra se situe dans l'Atlas saharien, par contre le gisement de Rouina se situe dans l'Atlas tellien.
- b. **Pendage :** d'après les données qu'on a citées au tableau ci-dessus, le pendage du gisement de Boukhadra est dressant et le gisement de Rouina est semi dressant.
- c. **Age de formation de la minéralisation :** les minéralisations de Rouina sont plus anciennes que celles de Boukhadra. Parce que les premières minéralisations apparaissent dans la période Triasique qui s'inclut dans le domaine Mésozoïque tandis que la première apparition de minéralisations de Boukhadra est dans l'âge Aptien moyen et inférieur (Crétacé).

D'après les caractéristiques géologiques des deux gisements on trouve que le gisement de Boukhadra représente des réserves importantes, ces dernières se traduisent par l'importance des grandeurs de ce gisement, où la largeur, la profondeur et la puissance de gisement sont très grandes par rapport au gisement de Rouina.

- d. **La puissance :** Les données du tableau au-dessus montrent que le gisement de Boukhadra a une grande puissance de la couche minéralisée par rapport au gisement de Rouina.
- e. **La profondeur :** Les deux gisements sont profonds, mais le gisement de Boukhadra est plus profond avec une profondeur de 480m.
- f. **La longueur :** Le gisement de Boukhadra est plus large que celui de Rouina.

IV.1.3. Caractéristiques des roches

Le tableau ci-dessous signale les types des minerais se trouvant dans chaque mine, ainsi leurs encaissements, et leur contrôle de formation.

Tab.(IV.03) : Caractéristiques des roches encaissantes et des minéralisations.

Caractéristiques des roches	Mine de Boukhadra	Mine de Rouina
Roches encaissantes	Calcaire de couleur grise ; Marne grise ; Marne jaune.	Des calcaires, Des nids d'agrégats argileux blancs gras ; De calcaires marmorisés crème ; La calcite saccharoïde blanche ; schiste du silurien
Minéralisation	L'hématite (Fe ₂ O ₃) ; La goethite (FeOOH) ; La limonite ; La sidérite (FeCO ₃) ; cuivre gris.	La goethite (FeOOH), L'hématite (Fe ₂ O ₃), et parfois de limonite.
Contrôle de la minéralisation	Le phénomène de diapirisme	Suivant les accidents tectoniques

➤ **Commentaires**

On remarque d'après le tableau au-dessus que les deux gisements contiennent le calcaire et la marne comme roche encaissante, de plus le gisement de Rouina contient aussi des argiles, de la calcite et du schiste.

Concerant les minéralisations, on constate que dans le gisement de Boukhadra la minéralisation est très diversifiée (goethite, hematite, siderite et cuivre gris) par rapport à celle de rouina (goethite, hématite).

IV.1.4.Catégories des réserves

Les reserves géologiques et exploitables sont importantes pour chaque exploitation minière, et son estimation ainsi, pour la durée de vie de mine et l'évaluation de la production.

Tab.(IV.04) : Catégories des réserves et leur teneur.

catégories des réserves	mine de Boukhadra	mine de Rouina
réserves géologique (Tonne)	50 000 000 en catégories B, C1, C2.	1 543 918 en catégories C1 ;
réserves exploitables fin 2014 (Tonne)	43 684 910 ton * 2.6 millions seront extraites à ciel ouvert *31 millions par le souterrain.	1 167 885 Tonnes (à ciel ouvert)
teneur des réserves exploitables (%)	42,55 jusqu'à 55,95 % de fer.	40 à 41 % de fer

➤ **Commentaires**

Les réserves restantes de gisement de Boukhadra sont géantes par rapport à celles de Rouina, elles sont environ 50 fois de celles de Rouina, et leur teneur est aussi plus supérieure que celle de Rouina, c'est-à-dire que le minerai de Boukhadra est plus riche que le minerai de Rouina, et ça explique la destination de chaque'un de ces deux minerais de fer.

IV.1.5.Tectonique

A la fin de cette comparaison géologique, on présente dans le tableaux ci-dessous, les principaux accidents tectoniques dans chaque massif

Tab.(IV.05) : Tectonique des deux gisements.

tectonique	Boukhadra	Rouina
Les principaux accidents tectoniques	<ul style="list-style-type: none"> • L'effondrement de Bled Ed Dhissa • Les failles NE- SW: Elles sont dues à la résistance opposée au plissement par les formations rigides; • Les failles NW- SE, elles affectent la quasi- totalité du synclinal de l'Haoud es Srhir et le recoupernt orthogonalement d'une manière presque régulière. 	<p>1.Les plissements : deux phases de plissements schistogènes constituent l'essentiel de cette tectonique:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La première: des plis décimétriques à déversement S à SW; • La deuxième : des flancs normaux longs et faiblement pentés et flancs inverses courts et fortement inclinés; <p>2. Les failles : il y a deux types, des failles de décrochement et des failles normales;</p> <p>3. Les fentes de tensions.</p>

➤ **Commentaires**

On remarque que le massif de Boukhadra est affecté par des failles qui le recoupent d'une manière presque régulière. Tandis que le massif de Rouina est affecté par des plissements schistogènes qui constituent l'essentiel de sa tectonique avec des failles normales et autres de décrochement et aussi par des fentes de tensions qui sont peu abondantes.

IV.2.Comparaison exploitation

IV.2.1.Méthodes d'exploitation

Le premier stade dans l'exploitation c'est le choix de la méthode d'exploitation, aussi le mode d'ouverture qui donne accès au gisement, le tableau ci-dessous classe la méthode d'exploitation dans chaque mine ainsi son mode ouverture.

Tab.(IV.6) : Méthodes d'exploitation des deux gisements

Mine	Boukhadra		Rouina	
Mode d'exploitation	Souterrain	Ciel ouvert	Ciel ouvert	Souterrain
Mode d'ouverture	Galerie au jour	tranchées et demi-tranchées communes intérieures multiples	Pour les niveaux supérieurs: des tranchées extérieures à partir d'une seule piste isolée.	Utiliser durant la période coloniale, pas des schémas ou des plans
Méthode d'exploitation	Sous-niveau abattu	gradins à flanc de couteau à un seul bord exploitable	gradins à flanc de couteau à deux bords exploitables	

➤ **Commentaires**

a. Les deux mines ont eu un mode d'exploitation mixte c'est-à-dire à ciel ouvert et en souterrain, l'exploitation mixte actuellement est exécutée seulement pour la mine de Boukhadra, alors la mine de Rouina est exploitée juste à ciel ouvert.

Ces deux modes d'exploitation sont importants pour définir l'exploitation minière, mais ils ont commun des avantages et des inconvénients :

• **Les avantages de mode d'exploitation à ciel ouvert**

- ✓ C'est une méthode très productive ;
- ✓ La meilleure récupération des gisements et une bonne sélectivité ;
- ✓ Des pertes d'exploitation minimums ;
- ✓ La plus grande sécurité de travail;
- ✓ La plus grande souplesse dans la planification de l'exploitation et de la découverte
 - ✓ La possibilité d'une importante mécanisation permettant d'utiliser des grosses machines.

• **Les inconvénients de mode d'exploitation à ciel ouvert**

- ✓ Quantité de stérile énorme ;
- ✓ Grand volume des travaux préparatoires ;
- ✓ Taux de découverte élevé ;
- ✓ Coûts d'exploitation élevés ;
- ✓ Déformation de l'environnement par la profondeur énorme des ouvrages et aussi la hauteur des terrils.

• **Les avantages de mode d'exploitation en souterrain**

- ✓ Coûts d'exploitation minimums ;
- ✓ Moins de stériles à cause de simple schéma d'exploitation qui dépend de la forme de gisement ;
 - ✓ Taux de découverte moins, est environ de 0 dans certains cas ;

- ✓ Souplesse dans les travaux préparatoires par rapport au mode à ciel ouvert.
- ✓ Des ouvrages petits et invisibles en dehors de la mine.

• **Les inconvénients de mode d'exploitation en souterrain**

- ✓ Moins de sécurité ;
- ✓ La difficulté d'augmenter la productivité de la mine ;
- ✓ La difficulté dans la planification de l'exploitation,
- ✓ La difficulté de l'abattage sélectif

b. Le mode d'ouverture au niveau de la mine de Boukhadra pour le mode à ciel ouvert est par des tranchées et des demi-tranchées communes intérieures multiples à cause de la profondeur et le pendage importants de celle-ci, par contre à Rouina où l'ouverture s'effectue par des tranchées extérieures à partir d'une seule piste isolée à cause de sa profondeur réduite.

Tandis que, la méthode d'exploitation est assurée par des gradins à flanc de couteau à un seul bord exploitable à Boukhadra et deux bords pour Rouina.

IV.2.2. Paramètres d'exploitation à ciel ouvert

Après le choix de la méthode d'exploitation, on recourt au découpage de gisement suivant des paramètres qui dépendent de la dureté du minerai et des roches encaissantes.

Tab.(IV.07) : Paramètres d'exploitation des deux gisements

Paramètres d'exploitation (à ciel ouvert)	Boukhadra	Rouina	
	Mine principale	Butte	Coté Sud-Ouest
Profondeur finale (m)	287	35	40
Hauteur du gradin (m)	7.5	10	10
Angle du talus (°)	85 à 90	45	65
Largeur de la plateforme (m)	35 à 50	20	20
Angle générale du talus (°)	50	34 à 38	48

➤ **Commentaires :**

D'après le tableau, on observe des différences au niveau de :

- a. Profondeur finale :** On remarque que la mine de Boukhadra est plus profonde que celle de Rouina, cette profondeur est traduite par l'importance de la mine de Boukhadra avec ses réserves importantes du Fer
- b. Hauteur du gradin :** les roches de la mine de Boukhadra sont plus dures que celles de la mine de Rouina, mais la hauteur du gradin présente le contraire, ce dernier peut justifier par des raisons de sécurité, puisque l'angle du talus présente une forte inclinaison et pour assurer la stabilité du talus, il est mieux de réduire la hauteur du gradin en demi gradin de 7.5 m de hauteur, cette remarque a été fait aussi par les ingénieurs chargé de la police des mines. Tandis que la mine de Rouina est exploitée avec une hauteur du gradin de 10 m.
- c. Angle de talus :** vu la dureté de de la roche, l'angle de talus de la mine de Boukhadra est presque verticale, contrairement à la mine de Rouina où la roche est friable qui contient des argiles et des schistes, et présentant des risques de stabilité.

L'abattage par gradin incliné peut présenter les avantages suivants :

- La fragmentation de la roche est meilleure et l'explosion est moins violente ;
- L'inconvénient du retard est éliminé ;
- Les vibrations sont moindres.

d. Largeur de plateforme : La largeur de la plateforme à Boukhadra est de 35 à 50m à cause de la production planifiée par cette mine, aussi la taille des engins de chargement et moyens de transport qui nécessite une large surface pour une meilleure circulation de ces derniers.

IV.2.3.Travaux d'abattage

Pour un tir meilleur et une fragmentation majeure des roches, il faut bien choisir les paramètres de l'battage ; le tableau ci-dessous résume ces paramètres.

Tab. (VI.08) : Paramètres de forge et de tir

Désignation	Symbole	Unité	Boukhadra	Rouina
Diamètre de trou	Ø	mm	165	76
Longueur de trou	L	m	8	11
Longueur de bourrage	Lb	m	4	1,4
Surforation	Sf	m	0,5 à 1	1
Ligne de moindre résistance	W	m	4	2
Espace entre les trous	a	m	4	2,5
Espace entre les rangées	b	M	/	2
Inclinaison de trous	α	°	90	75
Quantité totale des explosifs	Q	Kg	725	1000
Charge par trou	Qtr	Kg	60	20
Consommation spécifique	qs	kg/m ³	0,49	0,40
Explosif utilisé	/	/	Marmanit+ Anfomil	Marmanit
Type d'amorçage	/	/	Ponctuel postérieur	Ponctuel postérieur
Mise à feu	/	/	Electrique	Electrique
Nombre des engins de foration	/	/	3	1
Nombre de trous/rangée	Nb	/	12	12
Nombre de rangées	Nr	/	1	2

➤ Commentaires

D'après le tableau ci-dessus on observe les remarques suivantes:

- a.** Le diamètre de foration des trous à Boukhadra est assez grand, tandis que à Rouina il est juste 76mm, et ça à cause de la production planifiée pour chaque mine, ainsi les engins de foration disponibles.
- b.** La maille de forage ($a*w$) à Boukhadra est assez plus grand que celle de Rouina, et ça en raison de diamètre de foration, tel que la maille de forage accroît avec l'accroissement de diamètre de foration.
- c.** Les trous sont presque prallèles au talus du gradin et ça pour une meilleur fragmentation de roches.
- d.** Le consommation spécifique des explosifs est la quantité d'explosifs nécessaire en Kilogramme pour fragmenter un mètre cube de terrain donné. Dans le tableau ci-dessus la consommation spécifique à Boukhadra est juste un peu plus que Rouina, parce que à la première mine, ils utilisent le Marmanite avec l'Anfomil, tandis que à Rouina ils utilisent seulement le Marmanite qui est plus brisant que l'Anfomil, aussi les roches encaissantes à Boukhadra sont plus dures que celles de Rouina.
- e.** Hauteur de bourrage se détermine généralement en fonction de la dureté des roches et la quantité de charge explosive par trou. C'est pour ça on voit à Boukhadra que l'hauteur de bourrage est de 4m, bien que à Rouina est de 1,4m, car la dureté des roches est un peu plus, aussi la charge par trou est de 60kg, contrairement à Rouina qui est 20kg par trou, ainsi le grand diamètre de foration à Boukhadra favorise l'utilisation d'une importante quantité de la charge explosive dans une courte hauteur; donc la hauteur de bourrage est important lors de l'utilisation d'une quantité importante des explosifs pour éviter la projection des roches, la perte d'énergie et diminuer le taux des hors gabarits.
- f.** L'amorçage dans les deux mines est de type ponctuel postérieur, qui est plus intéressant et plus avntageux que les autres types d'amorçage, car la détonation se propage du bas vers le haut par l'explosif, et par conséquent un meilleur abattage.
- g.** On remarque que dans la mine de Boukhadra il y a une seule rangée de trous, à cause de la complexité des travaux de préparation aux niveaux supérieurs.

IV.2.4.Travaux de chargement

Après Le tir, les travaux de chargement sont très importantes et intéressantes pour une meilleure production

Tab.(IV.09) : Travaux de chargement dans les deux mines

Mines	Type de Chargeuse	Rendement (T/H)	Capacité (m3)	Etat	Nombre total
Boukhadra	CATERPILLAR 988B	0	5.3	En panne	3
	CATERPILLAR 988F	249	5.3	Mauvais	
	Pelle sur chenille KOMATSU PC 1250-7	318	6.5	Mauvais	
Rouina	LIEBHEER L564	110	4	Moyen	3
	LIEBHEER L566	110	4	Moyen	
	CATERPILLAR H966	220	8	Moyen	

➤ **Commentaires**

Les engins de chargement de Boukhadra ont une capacité et un rendement supérieur à ceux de Rouina est ça à cause de la production planifiée à chaque mine. Mais on remarque aussi que l'état des engins de chargement à Boukhadra est mauvais à cause de vétusté de ces engins et leur taux d'utilisation.

IV.2.5.Travaux de transport

Cette étape constitue la phase la plus importante dans l'exploitation minière, qui est le transport, alors pour une meilleure rentabilité, il faut bien baser sur le transport et ses moyens.

Tab.(IV.10) : Travaux de transport dans les deux mines

Mines	Désignation des moyens	Rendement (T/H)	Capacité (T)	Etat	Distance moyenne de transport (m)		Nombre total
					mine-station de concassage	mine-terril	
Boukhadra	CATERPILLAR 773D	124	60	Moyen	4000	1000	3
	CATERPILLAR 775FC	147	60				
	CATERPILLAR 775FC	168	60				
total		439	180				
Rouina	NISSAN 419	52	20	Moyen	800	1200	6
	NISSAN 420	52	20				
	IVECO 109	55	20				
	IVECO 110	55	20				
	IVECO 328	55	20				
	IVECO 329	55	20				
total		324	120				

➤ **Commentaires**

a. C'est le même cas pour les moyens de chargement, les moyens de transport à Boukhadra possèdent une capacité et un rendement environ (03) trois fois supérieur à ceux de Rouina, cependant la capacité totale de ces moyens à Rouina représente (2/3) deux tiers par rapport à Boukhadra, donc l'organisation aux moyens de transport à Rouina est basée sur le nombre des camions (06).

b. D'autre part, la distance du transport entre le chantier d'exploitation à Boukhadra et la station de concassage est environ 4000m, contrairement à Rouina où la distance est environ 800, cette dernière a une influence sur le rendement et l'organisation du transport. Néanmoins les distances mines-terrils sont presque égaux dans les deux mines, on trouve 1200 m à Rouina, contrairement à Boukhadra qui emploie les terrils intérieures de la mine où la distance est environ 1000 m.

IV.2.6.Production du minerai

La phase finale dans l'exploitation minière est l'estimation et l'évaluation de la production.

Tab.(IV.11) : Production de chaque mine

Mines	Production annuelle (T)			Utilisation
	Prévision	Réalisation	Taux (%)	
Boukhadra	300 000	139 530,3	47	Usine de métallurgie
Rouina	140 000	105 000	75	Ajout au ciment

➤ **Commentaire**

Le minerai de fer de la mine de Boukhadra est destiné aux usines de métallurgie, alors que le minerai de fer de Rouina est utilisé comme ajout à la fabrication du ciment, cette utilisation peut traduire par la teneur de minerai de fer dans chaque mine tel que la teneur de minéral de fer à Boukhadra est de 50 à 60%, alors qu'à Rouina elle est environ 40 à 50%. Aussi, malgré le régime de travail qui est deux fois plus à celui de la mine de Rouina la mine de Boukhadra n'a réalisé que 47% de prévisions de la production annuelle et qui peut être dues au :

- Retard de travaux préparatoires aux niveaux supérieurs du quartier principal.
- Mauvais état des engins de chargement.
- Nombre réduit des moyens de transport.
- Grande distance entre la mine et la station de concassage.
- Quantité des pertes et dilution.
- Manque des travaux d'exploration sur la zone de contact minerai-encaissant.
- Utilisation du mode souterrain qui est difficile et moins productif.

Au contraire, la mine de Rouina a réalisé 75% de sa production planifiée pour l'année précédente grâce au :

- Bon état des engins de chargement et de moyens de transport.
- Réduction des pertes et dilution à cause de :
 - L'affleurement de la zone de contact minerai-stérile ;
 - Les renseignements suffisants sur la zone exploitée actuellement ;

- L'emploi de la méthode d'exploitation à ciel ouvert, qui est simple et diminue les risques de sécurité
- courte distance de transport du minerai vers la station de concassage.

➤ **Conclusion**

Au long de ce chapitre, on a vu qu'il y a des points communs entre les deux mines, Boukhadra et Rouina, mais il y a aussi pas mal des différences, ce qu'on a aidé à faire cette comparaison.

CONCLUSION GENERALE

L'industrie de fer en Algérie est très importante à cause de l'augmentation de l'utilisation de ce minéral, et son rôle dans l'économie du pays.

En Algérie il y a pas mal de mines de fer, parmi ces dernières on peut citer la mine de Boukhadra à Tebessa et celle de Rouina à Ain-defla ; ces deux mines sont très importantes à cause de leur production de minerai de fer.

Dans ce mémoire nous avons essayé de comparer entre ces deux mines. La comparaison entre elles était toujours assez complexe, à cause de l'énorme différence entre elles et le manque de données rencontré. D'après l'étude que nous avons réalisé; on peut resumé quelques points communs entre ces deux mines :

- La composition minéralogique et les roches encaissantes de chaque gisement ;
- Le relief et la morphologie de gisement ;
- Les modes d'exploitation ;

Malgré ces points communs, il y a une grande différence entre ces deux mines ; cette différence qui se résume dans les points suivants :

- Les caractéristiques géologiques de chaque gisement (domaine géologique, stratigraphie ; pendage, la taille, etc.)
- Le mode de formation des deux gisements ;
- Les réserves géologiques et exploitables ;
- La tectonique de chaque gisement ;
- Les paramètres de l'exploitation ;
- Le nombre et l'état des engins de chargement et des moyens de transport ;
- La destination du minerai.

Malgré les réserves énormes de la mine de Boukhadra, le taux de réalisation des objectifs à Rouina reste plus supérieur par rapport à ceux de Boukhadra et ça à cause de :

- Le nombre et l'état des engins de chargement et les moyens de transport ;
- La mine de Boukhadra se base en majorité sur le mode souterrain qui est moins productif que le mode à ciel ouvert utilisé au Rouina.
- Les pertes d'exploitation et dilution à cause de l'utilisation de mode souterrain.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce mémoire, nous avons acquis beaucoup de connaissances concernant l'exploitation minière, car cette étude comparative nous a permis d'avoir une idée sur le domaine professionnel et la gestion des mines en Algérie.

References bibliographiques

[01] Documents de Boukhadra (réalisés par la DED) (géologues, topographes, techniciens, etc).

[02] A.Seriani, [1983], « Recherche du soutirage du minerai par machines automotrices dans les conditions de Boukhadra », MEMOIRE Présenté pour l'obtention du diplôme de Magistère En EXPLOITATION DES MINES à Annaba.

[03] AOUADI Ouarda, BELKHOUS Choukri, [2010-2011], "Contribution à l'étude gîtologique des minéralisations ferrifères du massif de Djebel Boukhadra (Tébessa)", Mémoire du Master II de l'université de USTHB.

[04] Documents de Rouina réalisés par (le géologue, Chef d'exploitation) de la mine.

[05] Rapport géologique final sur le gisement de minerai de fer de ROUINA et sa region, CAMPAGNE [1989-1992].

[06] Plan d'exploitation (2015) de la mine de fer de Rouina.

[07] RAACH Khadidja,[2010], "Contribution à l'étude geologique et gîtologique des minéralisations ferrifères du massif de ROUINA (Bassin du Cheliff)", Mémoire en vue de l'obtention de diplôme d'Ingénieur d'Etat en Géologie de l'université de USTHB.

[8] Bach-Tobdji,[juin1990], "Contribution à l'etue géotechnique sur, la stabilité des talus dans les mines à ciel ouvert ; Exemple : mine de Boukhadra", Mémoire en vue de l'obtention de diplôme d'Ingénieur d'Etat en génie minier à l'ENP.

[9] MEMOIRE Présenté pour l'obtention du diplôme de Magistère En GEOLOGIE OPTION : GEOLOGIE DES SUBSTANCES UTILES : ETUDE COMPARATIVE DE DEUX GISEMENTS DE FER EN CONTEXTES GEOLOGIQUES DISTINCTS, LE GISEMENT DE SIDI MAROUF (PETITE KABYLIE, JIJEL) ET DE BOUKHADRA (MONTS DU MELLEQUE, TEBESSA) ALGERIE NORD ORIENTALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[10]GADRI Larbi,[juin1990], ‘Soutènement des ouvrages miniers (cas de la galerie de base du niveau 1105(m) de la mine souterraine de Boukhadra’’, Mémoire en vue de l’obtention de diplôme d’Ingénieur d’état en géotechnique.

[11]Mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme D’ingénieur d’état en géotechnique option : géotechnique promotion : 2009 : Renforcement des massifs rocheux fissurés par ancrage

[12] Cours d’exploitation souterraine réalisés par Mr.Mazari, Bejaia (2014).

[13] Cours d’exploitation souterraine (Methodes d’exploitation – Fonctions complémentaires) réalisés par Mr.M.Hasebellaoui Expert en Etudes géologiques et minières ; Institut Algérien des mines.

[14] Cours d’exploitation souterraine réalisés par Mr.Hafsaoui.

[15] Mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme D’ingénieur d’état en exploitation minière : Choix de variante productive du méthode d’exploitation par sous-niveaux abattus, dans le de la mine de Boukhadra.

[16] Exploitation des mines : B.BOKY : Moscou 1968.

[17] Cours d’exploitation des mines à ciel ouvert : par Mr.N.Kamulete Mudianga : Université de Lubumbashi.

[18] Règles de sécurités observés lors de l'utilisation d'explosif dans l'exploitation : Mr.A.Bouchama : Institut Algérien des Mines 2009.

ANNEXE

Annexe 01 : Les coordonnées de la mine de Boukhadra

point	Système UTM		Système Lambert	
	X	Y	X	Y
1	414500	3958200	983940.19	286907.02
2	414500	3957600	984039.98	286913.47
3	414600	3957600	984072.24	286414.54
4	414600	3957100	983772.88	286395.18
5	414300	3957100	983779.33	286295.40
6	414300	3957000	983479.98	286276.04
7	414000	3957000	983492.88	286076.47
8	414000	3956800	983193.52	286057.11
9	413700	3956800	983199.98	285957.32
10	413700	3956700	982900.62	285937.97
11	413400	3956700	982907.07	285838.18
12	413400	3956600	982707.50	285825.28
13	413200	3956600	982713.95	285725.49
14	413200	3956500	982514.38	285712.59
15	413000	3956500	982507.93	285812.37
16	413000	3956600	982308.36	285799.47
17	412800	3956600	982289.00	286098.82
18	412800	3956900	981790.07	286066.56
19	412300	3956900	981770.71	286365.92
20	412300	3957200	981870.5	286372.37
21	412400	3957200	981844.69	286771.51
22	412400	3957600	981545.33	286752.16
23	412100	3957600	981532.43	286951.73
24	412100	3957800	981332.86	286938.82
25	411900	3957800	981319.95	278738.39
26	411900	3958000	981020.6	287119.04
27	411600	3958000	981001.24	287418.39

ANNEXE

28	411600	3958300	980701.88	287399.03
29	411300	3958300	980688.98	287598.60
30	411300	3958500	981287.69	287637.32
31	411900	3958500	981300.59	287437.75
32	411900	3958300	981599.95	287457.11
33	412200	3958300	981612.86	287257.54
34	412200	3958100	981812.43	287270.44
35	412400	3958100	981225.33	287070.87
36	412400	3957900	983022.76	287148.30
37	413600	3957900	983009.85	287347.87
38	413600	3958100	983508.78	287380.14
39	414100	3958100	983502.33	287479.92
40	414100	3958200	983901.47	287505.73

Annexe 02 : Les coordonnées de la mine de Rouina

N° D'ordre	X	Y
1	394300	4007700
2	394300	4006800
3	394200	4006800
4	394200	4006600
5	394000	4006600
6	394000	4006100
7	393900	4006100
8	393900	4006000
9	393800	4006000
10	393800	4005800
11	393300	4005800
12	393300	4005600
13	392900	4005600
14	392900	4005400
15	392600	4005400
16	392600	4005500
17	392300	4005500
18	392300	4005800
19	392700	4005800
20	392700	4005900
21	393400	4005900
22	393400	4006200

ANNEXE

23	393200	4006200
24	393200	4006000
25	392200	4006000
26	392200	4006200
27	391600	4006200
28	391600	4005800
29	391400	4005800
30	391400	4006100
31	390900	4006100
32	390900	4007300
33	391400	4007300
34	391400	4007100
35	391900	4007100
36	391900	4007200
37	392400	4007200
38	392400	4007000
39	393000	4007000
40	393000	4007200
41	393400	4007200
42	393400	4007300
43	393600	4007300
44	393600	4007400
45	393700	4007400
46	393700	4007700

Annexe 03: Les ères géologiques.

Age (Ma)	ERE	Système
	QUATERNAIRE	
2	CENOZOÏQUE ou TERTIAIRE	Néogène
25		Paléogène
65	MESOZOÏQUE ou SECONDAIRE	Crétacé
144		Jurassique
205		Trias
245	PALEOZOÏQUE ou PRIMAIRE	Permien
290		Carbonifère
360		Dévonien
400		Silurien
425		Ordovicien
495		Cambrien
530	PRECAMBRIEN	Protérozoïque
2500		Archéen
3800		

ANNEXE

Annexe 04: Le volume de la masse rocheuse inclut dans le contour projeté pour l'exercice 2014 pour la mine de Rouina.

Niveau	Minerai (t)	Stérile(t)	Masse rocheuse(t)
315/310	21750	0	21750
310/300	40000	0	40000
300/290	33000	0	32000
290/280	45250	20000	65250
280/270	0	70000	70000
270/260	0	93000	93000
260/250	0	97000	97000
Total	140 000	280 000	420 000

Annexe 05 : Paramètres des engins de forage de Rouina

Désignation 2014	H théo	TD%	H dispo	T utilis%	H utilis	Rendement (M/H)	Production (ml/an)	Rendement(T/ML)		Prod prev	Besoins (ML/AN)
Groupe de foration ATLAS COPCO C M 470	1875	75	1406	90	1265	15	6325	Minerai	16	101200	38800
								Stérile	16	202400	77600
Total parc forage	1875	75	1406	90	1265	15	6325	Masse rocheuse	16	303600	116400

Annexe 06 : Paramètres des engins de Chargement de Rouina

Désignation-2014-	H théo	TD%	Hdispo	T utilis%	H utilis	Rend (t/h)	Production (T)	OBS
Charg liebheer L564	1875	80	1500	85	1275	110	140000	Chargement produit marchand
Charg liebheer L566	1875	80	1500	85	1275	110	140000	Chargement minerai de fer
Chargcath966	1875	80	1500	85	1275	220	280000	Chargement stérile
Total parc chargement	5625	80	4500	85	3825	146	560000	

ANNEXE

Annexe 07 : Paramètres des engins de Transport de Rouina

Désignation - 2014 -	H théo	TD%	Hdispo	T utilis%	H utilis	Rend (t/h)	Prod (T)	OBS
Camion nissan 419	1875	85	1594	85	1355	52	70455	Transport minerais de fer
Camion nissan 420	1875	85	1594	85	1355	52	70455	Transport minerais de fer
Camion iveco 109	1875	80	1500	85	1275	55	70125	Transport Stérile
Camion iveco 110	1875	80	1500	85	1275	55	70125	Transport Stérile
Camion iveco 328	1875	90	1688	85	1435	55	78914	Transport Stérile
Camion iveco 329	1875	90	1688	85	1435	55	78914	Transport Stérile
Total parc Transport	11250		9563		8129	54	438988	Transport masse rocheuse

Annexe 08 : Production de la mine de Boukhadra en 2013.

DESIGNATION	ANNEE 2013
MINERAI CAR (T) mine	150 000
MINERAI FOND (T)	150 000
CARr + FOND (T)	300 000
EXPEDITION	300 000
CONCASSEE	300 000
STERILE MINE (T)	1 600 000
STERILE PRIVE (T)	400 000
TOTAL STERILE (MINE+ PRIVE) (T)	2 000 000
MASSE ROCH(T)	2 150 000
A H FOND (m) 3eme étage	600
A H FOND (m) 4eme étage	1 200
A V FOND (m)	120
T,D (ST/M) MINE T/T	6,7

CHAPITRE I :
PRESENTATION ET GEOLOGIE REGIONALE DE
DEUX GISEMENTS

CHAPITRE II :
GEOLOGIE LOCALE DE DEUX GISEMENTS

CHAPITRE III :
EXPLOITATION

CHAPITRE IV :
COMPARAISON : GEOLOGIE ET EXPLOITATION

INTRODUCTION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

REFERNCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Resumé

Les mines de fer en Algérie sont importantes à cause de l'importance de son industrie et l'augmentation de son utilisation ;

Parmi les mines importantes en Algérie, on peut citer la mine de Boukhadra et celle de Rouina, qui ont constitué l'objectif d'une comparaison dans ce mémoire.

Au terme de cette comparaison nous avons constaté que les deux gisements présentent des points communs, comme les minéralisations et leurs roches encaissantes, le relief et la morphologie et ainsi les modes d'exploitation appliqués. D'autre part, quelques différences sont à signaler comme les réserves géologiques et exploitables, l'ouverture de chaque mine et ses paramètres d'exploitation, encore les paramètres de l'abattage, chargement et de transport et aussi l'utilisation de minerai extrait.

En dernier, la différence la plus remarquable est le taux de production. Dont le taux le plus élevé a été enregistré à Rouina avec 75% par contre à Boukhadra il est de 47%.

Mots clés : Boukhadra, Rouina, mine, ciel ouvert, souterrain

Abstract

The mines of iron in Algeria are important because of the importance of its industry and the increase of its use ;

Among the important mines in Algeria, we can mention the mine of Boukhadra and the one of Rouina, that constituted the objective of a comparison in this memory.

To the term of this comparison we noted that the two layers present common points, as the mineralisation and their capping rocks, the relief and the morphology and so the applied operating modes. On the other hand, some differences are to be noted as the geological reserves and exploitables, the opening of every mine and its parameters of exploitation, again the parameters of blasting, loading and of transportation and also the use of ore extracts.

In last, the most remarkable difference is the rate of production. Whose most elevated rate has been recorded in Rouina with 75%, on the other hand in Boukhadra it is just 47%.

Key words: Boukhadra, Rouina, mine, open, underground sky.